

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro spojování pásů těžkých dopravníků

A Heavy Conveyor Belt Joining Machine

Student:

Bc. Bohumil Průdek

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Bohumil Průdek**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení

Téma: **Zařízení pro spojování pásů těžkých dopravníků**
A Heavy Conveyor Belt Joing Machine

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte zařízení pro spojování pásů těžkých pásovéch dopravníků. Šířka pásu od 1200 do 2000 mm. Pevnost pásu do $3150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$.
2. Zpracujte rešerši technických řešení a technologických požadavků.
3. Zpracujte koncepční návrh zařízení.
4. Zpracujte konstrukční návrh zařízení.
5. Zpracujte ekonomické porovnání jednotlivých alternativ.
6. Zpracujte dílenský výkres vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Jeřábek, K.: *Metodika navrhování strojů*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.

Dražan, F. - Jeřábek, K.: *Manipulace s materiálem*. 1. vyd. Praha, SNTL 1979. 454 s.

Firemní literatura DvB-AF Opava

Rozsah práce: min. 40 stran textu mimo přílohy.
Rozsah výkresové dokumentace cca 2x A0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: prof. **Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 01.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě:.....

.....

podpis

Bohumil Průdek,
Velké Karlovice 350,
756 06.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Průdek, B. *Zařízení pro spojování pásů těžkých dopravníků: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 80 s. Vedoucí práce: Jurman, J.

V této diplomové práci se v úvodu zabývám pásovým dopravníkem a jeho stručným popisem. Dále píš o dopravních pásech jejich složení a rozdělení, v další kapitole je zpracován přehled typů spojování dopravních pásů přes spoje mechanické, vulkanizované až po lepené za studena. V kapitole o vulkanizačních lisech je krátký přehled používaných vulkanizačních lisů z hlediska principu, a poté jsou vypsány technologické požadavky na zařízení. V další části je popsána koncepce lisu. Ve výpočtové části je proveden návrh vulkanizačního lisu pro spojování dopravních pásů. Vypočteny jsou rozměry topných ploch a rámu vulkanizačního lisu. Dále jsou v této části popsány další části lisu, které nebyly předmětem návrhu, ale jsou důležité pro funkci zařízení. V posledních kapitolách je popsán postup montáže a provozu vulkanizačního lisu.

ANNOTATION OF THE MASTER THESIS

Průdek, B. *A Heavy Conveyor Belt Joining Machine: Master Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 80 p. Tutor: Jurman, J.

In this master thesis, the first part deals with the belt conveyor and a brief description. I write further on conveyor belts to their composition and distribution in the next chapter is a review of merger types of conveyor belts through a mechanical coupling, vulcanized to bonded to the cold. In the chapter on vulcanizing presses is a brief overview of the curing presses in terms of principle, and then the technological requirements for listed equipment. The next section describes the concept of the press. In the calculation of the proposal is implemented vulcanizing press for joining conveyor belts. Calculated the size of the heating surfaces and frame vulcanizing press. Furthermore, in this section describes other parts of the press, which were not covered by the proposal, but are important for equipment performance. In the last chapter describes the installation and operation of the vulcanizing press.

Obsah

Seznam použitého značení.....	9
1 Úvod.....	11
2 Pásové dopravníky.....	11
2.1 Rozdělení pásových dopravníků.....	11
2.2 Části pásového dopravníku.....	12
3 Pásové těžkých pásových dopravníků.....	13
3.1 Rozdělení dopravních pásů.....	13
3.2 Popis částí dopravního pásu.....	15
4 Spojování pásů těžkých pásových dopravníků.....	18
4.1 Mechanické spojování.....	18
4.1.1 Materiály používané pro výrobu mechanických spojek Flexco.....	21
4.1.2 Spojky pro těžké pásové dopravníky.....	21
4.2 Vulkanizace.....	30
4.2.1 Postup spojování gumotextilních pásů.....	31
4.2.2 Postup spojování pásů s ocelokordovou kostrou.....	38
4.3 Lepení za studena.....	41
4.3.1 Postup spojování pásů studeným spojem.....	41
4.4 Výhody a nevýhody jednotlivých typů spojování dopravních pásů.....	42
5 Vulkanizační lis pro spojování dopravních pásů.....	44
5.1 Vulkanizační lis s hydraulickými válci.....	44
5.2 Vulkanizační lis s tlakovým vakem.....	46
6 Technologické požadavky na vulkanizační lis.....	50
7 Koncepční návrh vulkanizačního lisu.....	52
7.1 Skladba vulkanizačního lisu.....	52
7.2 Topná deska.....	52
7.3 Deska vaku a tlakový vak.....	53
7.4 Nosníky.....	55
7.5 Šrouby a matice.....	55
7.6 Příčné tyče a kolíky.....	55
8 Návrh vulkanizačního lisu.....	56
8.1 Návrh velikosti spoje.....	56

8.2 Návrh rozměrů plochy pro topné desky vulkanizačního lisu.....	57
8.3 Návrh topných desek	58
8.4 Návrh tlakových vaků	60
8.5 Návrh desek vaku.....	61
8.6 Návrh rámu vulkanizačního lisu	62
8.7 Návrh příčných tyčí	71
9 Postup montáže vulkanizačního lisu	72
10 Provoz vulkanizačního lisu	75
11 Závěr	76
Literatura.....	78
Seznam příloh	80

Seznam použitého značení

Značka	Popis	Jednotka
A_M	plocha pod maticí	mm^2
B	vnější šířka nosníku	mm
D	velký průměr závitu matice	mm
D_1	malý průměr závitu matice	mm
E	modul pružnosti v tahu	MPa
F	Síla působící na nosník	N
H	vnější výška nosníku	mm
H_1	nosná výška závitu	mm
J_1	kvadratický moment průřezu šroubu	mm^4
J_2	kvadratický moment průřezu nosníku	mm^4
M_{ab}	ohybový moment na boku rámu	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{ac}	ohybový moment na boku rámu	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{ca}	ohybový moment na boku rámu	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{cd}	ohybový moment na boku rámu	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{\max}	maximální ohybový moment	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_s	součtový ohybový moment	$\text{N}\cdot\text{mm}$
P	Rozteč závitu	mm
S_1	obsah průřezu šroubu	mm^2
S_N	plocha nosníku	mm^2
T_{ac}	posouvající síla v rámu	N
T_{ba}	posouvající síla v rámu	N
T_{cd}	posouvající síla v rámu	N
T_{db}	posouvající síla v rámu	N
T_{dc}	posouvající síla v rámu	N
W_{o1}	průřezový modul v ohybu šroubu	mm^3
W_{o2}	průřezový modul v ohybu nosníku	mm^3
R_e	mez kluzu v tahu	MPa
R_m	mez pevnosti v tahu	MPa
b	vnitřní šířka nosníku	mm
b_N	šířka nosníku	mm

d	velký průměr závitu šroubu	mm
d ₂	střední průměr závitu šroubu	mm
d ₃	malý průměr závitu šroubu	mm
h	vnitřní výška nosníku	mm
i ₁	Koeficient kvadratického momentu průřezu šroubu	mm ³
i ₂	koeficient kvadratického momentu průřezu nosníku	mm ³
k ₁	bezpečnost šroubu	-
k ₂	bezpečnost nosníku	-
l _N	Výpočtová délka nosníku	mm
m	výška matice	mm
p	tlak na nosník	MPa
p _D	dovolený tlak v závitech matice	MPa
p _M	tlak pod maticí	MPa
q	spojité zatížení nosníku	N·mm ⁻¹
v	vzdálenost nosníků	mm
y _N	průhyb nosníku	mm
z	počet závitů matice	-
σ _{o1}	ohybové napětí ve šroubu	MPa
σ _{oc}	mez únavy v ohybu	MPa

1 Úvod

V této diplomové práci se budu zabývat přehledem spojů u těžkých pásových dopravníků a návrhem velikosti topných plocha a rámu vulkanizačního lisu pro spojování dopravních pásů. Lis bude navržen pro pásy do šířky 2000 mm a pevnosti $3150 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. V rámci návrhu lisu se budu zabývat následujícími záležitostmi:

- a) návrhem rozměrů vulkanizačního lisu,
- b) pevnostním výpočtem rámu lisu (šrouby, matice a nosníky),
- c) popisem dalších technických zařízení lisu (topné desky, tlakové vaky, desky vaků, příčné tyče).

2 Pásové dopravníky

V úvodu bych napsal několik slov o zařízení, pro které, je dopravní pás tou nejdůležitější částí a to o pásovém dopravníku. Pásové dopravníky jsou nejpoužívanějším dopravním prostředkem u kontinuální dopravy sypkých látek, protože jsou použitelné pro široký rozsah dopravních výkonů a vzdáleností.

2.1 Rozdělení pásových dopravníků

Podle tažného elementu (druhu pásu):

- dopravníky s gumovým pásem nebo pásem z PVC,
- dopravníky s ocelovým pásem,
- dopravníky s ocelogumovým pásem,
- dopravníky s pásem z drátěného pletiva.

Podle provedení nosné konstrukce:

- stabilní, jejichž nosná ocelová konstrukce je pevně spojena se základem,
- pojízdné a přenosné pro malá dopravní množství a malé dopravní délky,

- přestavitelné, charakterizované velkou dopravní rychlostí a velkou dopravní délkou; jsou používány na povrchových dolech.

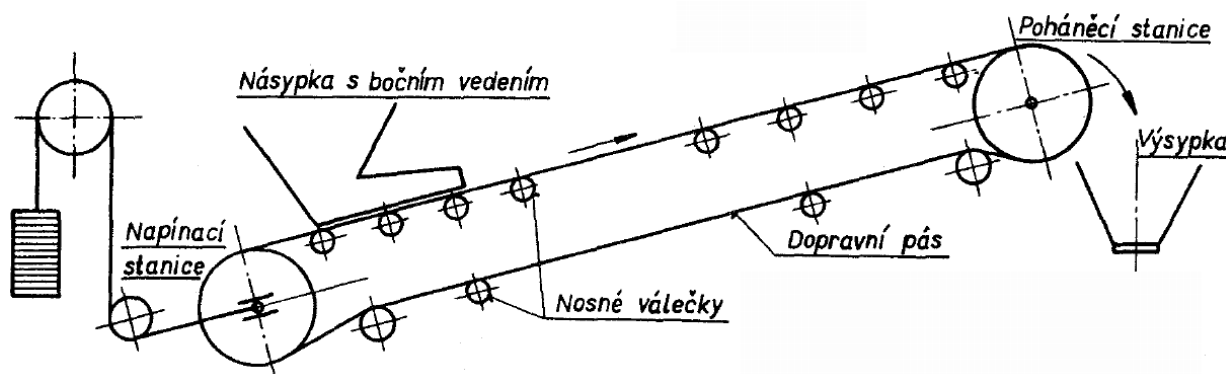
Podle sklonu pásového dopravníku:

- vodorovné ($-3^\circ < \varepsilon < 3^\circ$),
- šikmé,
 - dovrchní ($3^\circ < \varepsilon < 18^\circ$),
 - úpadní ($\varepsilon < -3^\circ$),
 - strmé ($\varepsilon > 20^\circ$).

2.2 Části pásového dopravníku

Jednotlivé části jsou vyobrazeny na obrázku 2.1

- dopravní pás,
- nosné stolice s válečky,
- poháněcí stanice,
- napínací stanice,
- výzbroj a příslušenství dopravníku - násypka s bočním vedením, prostředky k odvádění materiálu z pásu, výsypka, čističe pásu, bezpečnostní zařízení.



Obrázek 2.1. Schéma pásového dopravníku [1]

3 Pásky těžkých pásových dopravníků

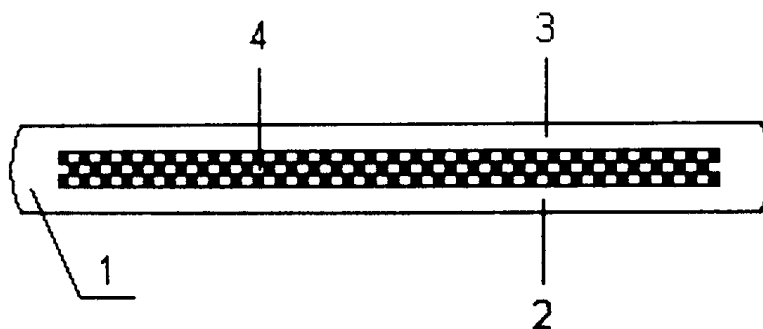
Je uzavřený prvek, který slouží k nesení materiálu, břemen nebo osob. Dále plní funkci tažného elementu a přenáší všechny odpory vznikající při jeho pohybu. Materiál může nést na horní větví, spodní větví anebo obou větvích současně.

Dopravní pás se skládá s kostry a krycích vrstev. Kostra dopravního pásu slouží k přenosu tažných sil hnacího bubnu na dopravní pás. Podle kostry se určuje pevnost pásu. Horní krycí vrstva chrání kostru před poškozením přepravovaným materiálem, vlhkostí, vyšším teplotám a chemikáliím. Dolní krycí vrstva chrání kostru před kontaktem s bubny a válečky.

3.1 Rozdělení dopravních pásů

Podle typu kostry:

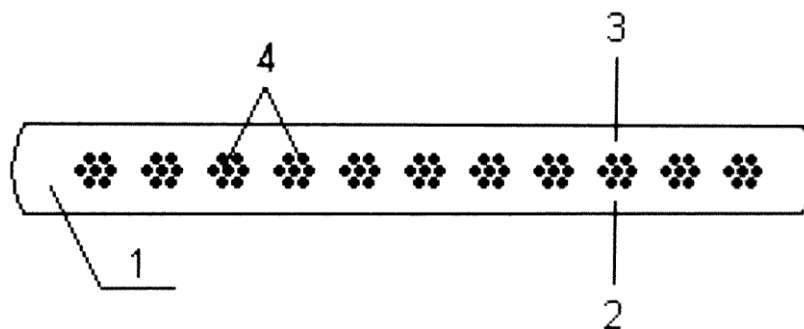
- textilní (obrázek 3.1), které mohou být jedno nebo vícevložkové



Obrázek 3.1. Gumotextilní pás [2]

1 ... boční ochranný obal, 2 ... spodní krycí vrstva, 3 ... horní krycí vrstva, 4 ... textilní kostra

- ocelová (ocelokordový, ocelová tkanina, ocelový pás, ocelové pletivo) viz obrázek 3.2



Obrázek 3.2. Ocelokordový pás [2]

1 ... boční ochranný obal, 2 ... spodní krycí vrstva, 3 ... horní krycí vrstva, 4 ... ocelové kordy

Podle způsobu krytí:

- nekrytý,
- krytý bez ochranných okrajů,
- krytý s ochrannými okraji.

Podle materiálu krycí vrstvy:

- gumové,
- plastové.

Podle úpravy povrchu:

- hladké,
- profilované,
- se zvýšenými okraji,
- s vyztuženými okraji.

3.2 Popis částí dopravního pásu

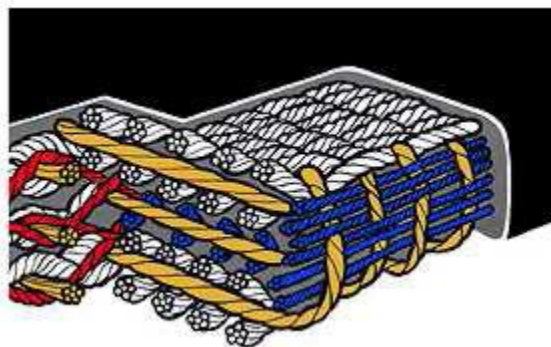
Kostra

Je tvořena jednou až šesti technickými tkaninami. Textilní vložka je impregnovaná a pogumovaná textilie. U ocelokordových pásů se kostra skládá z ocelových kordů v jádrové gumě.

Materiály používané pro výrobu koster pásů:

- bavlna,
- polyamid,
- polyester,
- aramid,
- sklo,
- ocel.

Kostra (obrázek 3.3) je z hlediska funkčnosti nejdůležitější částí dopravního pásu. Kostra má rozhodující vliv na hodnotu zatížení pásu, protažení, pružnost, odolnost proti průrazům, ohybnost a celkovou odolnost vůči vlivům prostředí.



Obrázek 3.3. Textilní kostra dopravního pásu [6]

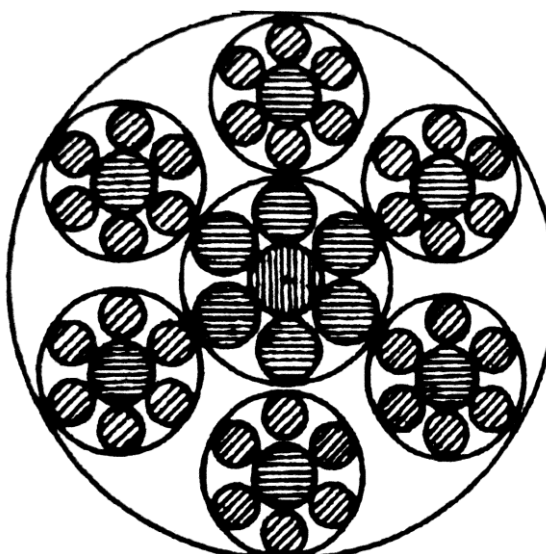
V současnosti se u gumotextilních pásů nejčastěji používají dva typy textilních koster EP a PA (tabulka 3.1).

Tabulka 3.1. Technická data koster EP a PA [7]

	EP kostra	PA kostra
Počet vložek	2 - 6	2 - 6
Pevnost v tahu N/mm	200 - 2500	200 - 3150
Provozní napětí N/mm	10% nominální pevnosti v tahu	10% nominální pevnosti v tahu
Krajní tahové namáhání	min. 10%	min. 10%
Protažení při provozu		
pevnost v tahu pod 1 250 N/mm	max. 2,5%	max. 2,5%
pevnost v tahu nad 1 250 N/mm	min. 3,0%	min. 4,0%

Ocelokordové pásy mají v osnově i útku ocelový kord. Útkové kordy mohou být uloženy jen z horní strany nosných kordů anebo z obou stran.

Nejčastěji se pro výrobu těchto pásů používají pozinkované ocelové kordy. Nejčastěji užívané konstrukce jsou 7x19 (1+6)+6(1+6) viz obrázek 3.4, 19+(7x7), 7x31. Tloušťka krycí vrstvy je na horní straně 4-20 mm a na spodní straně 4-10 mm.



Obrázek 3.4. Konstrukce ocelového kordu [2]

Dělicí vrstvy

Tvoří gumová vrstva s hodnotou adheze 5 až 16 N/mm, tvoří pružnou dělicí vrstvu mezi vložkami a krycí vrstvou. Vlastnosti dělicí vrstvy byly vytvořeny podle speciálních požadavků tj. odolnost vůči ohni, teplu, mrazu a olejům. Pokud na pás padají velké kusy dopravovaného materiálu, požaduje se zvýšená odolnost proti průrazu. Toho se dosáhne umístěním energii pohlcující vrstvy mezi kostru a krycí vrstvu pásu z polyamidu.

Krycí vrstvy

Chrání kostru před mechanickým poškozením a korozi. Požadavky kladené na materiály krycích vrstev:

- odolnost proti průrazu,
- dobrá elasticita,
- odolnost proti stárnutí a únavě.

Tloušťka krycí vrstva závisí na:

- druhu dopravovaného materiálu,
- jeho hmotnosti kusovitosti,
- ostrosti hran,
- abrazivních účinků a další faktorech.
-

Řezaný a litý okraj

Litý okraj (gumový) jako část krycí vrstvy chrání kostru pásu od vnějších vlivů.

4 Spojování pásů těžkých pásových dopravníků

Spoj pásových dopravníků je nejslabším místem v konstrukci dopravního pásu. V místě spoje jsou narušeny textilní vložky, které tvoří nosnou kostru pásu a rozhodují o jeho pevnosti.

Druh a systém spojení se volí podle aplikace dopravníku a podmínek, ve kterých je provozován. Platí, že spoj musí mít stejnou tloušťku a elasticnost jako dopravní pás. Dále je požadována dlouhá životnost spoje, to znamená, že se spoj musí svou kvalitou co nejvíce přiblížit parametrům samotného dopravního pásu.






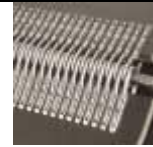
Spojování pásů se provádí těmito způsoby:

- mechanickým spojováním,
- vulkanizací,
- lepením za studena.

4.1 Mechanické spojování

U tohoto typu spoje se na oba konce dopravních pásů upevňují mechanické spojky. Vlastní spoj pak je jehla, či ocelové lanko se zapletenými konci, které se provleče otvorem vytvořeným spojkami na koncích dopravních pásů. Pevnost mechanických spojů se pohybuje v rozmezí od 55 do 60 % pevnosti spojovaného pásu. Přehled mechanických spojů je uveden v tabulce 4.1, dle tabulky 4.2 se volí typ spoje.

Tabulka 4.1. Přehled mechanických spojů [12]

	Těžké pásové dopravníky			Těžké pásové dopravníky / Pásové dopravníky pro hlubinné dobývání		Pásové dopravníky pro hlubinné dobývání
Typ pásu	Flexco Bolt Solid Plate	Flexco Rivet Solid Plate	Flexco Bolt Hinged	Flexco R2	Flexco Rivet Hinged	Flexco F- Series
Nasazení pásů	Více namáhané pásky, převáží uhlí, tvrdé materiály, používá se ve slévárnách, ocelárnách.	Používá se pro manipulaci s pískem, šterkem drcenými kameny, obilím, uhlím, cementem, a solí.	Používá se pro manipulaci s uhlím a solí a další aplikace vyžadující menší bubny.	Používá se pro hlubinnou těžbu, přemístitelné stavební stroje, při zpracování dřeva a dalších středně náročných aplikací.	Používá se pro hlubinnou těžbu, stavební stroje a zařízení s menšími bubny.	Používá se pro hlubinné těžební aplikace.
						
Maximální zatížení pásu	105 kN/m	140 kN/m	70 kN/m	60 kN/m	140 kN/m	140 kN/m
Maximální pevnost pásu v tahu	1000N/mm	1600N/mm	500 N/mm	400 N/mm	1250N/mm	1400N/mm
Tloušťka pásu	5 až 30 mm	6 až 24 mm	6 až 22mm	3 až 10 mm	6 až 18 mm	6 až 14mm
Minimální průměr bubnu	300 mm	450 mm	150 mm	125 mm	225 mm	225 mm

4.1.1 Materiály používané pro výrobu mechanických spojek Flexco

Zinková ocel, která je vhodná pro každé použití pouze ochranu povrchu proti rzi a povětrnostním vlivům.

Rust Alloy je nerezová legura s chromovaným povrchem. Nejvhodnější pro použití v důlních provozech se zvýšenou korozivzdorností proti spodním vodám.

Nerezová ocel, jejíž spojky jsou antimagnetické zvláště odolné proti oděru, kyselinám a chemikáliím. Dodávány jsou spoje buď celé z nerez, nebo pouze horní destičky nerezové a zbývající část spojení (dolní destičky, šrouby a matky) z oceli.

Everdur je slitina mědi a křemíku. Spojky s něj vyrobené jsou antimagnetické a nejiskřivé. Používá se ve výbušném prostředí.

MegAlloy je odolný proti opotřebení a otěru. Má několikrát větší životnost než ocel.

Promal je spojovací materiál z tepelně zpracované tvárné litiny.

4.1.2 Spojky pro těžké pásové dopravníky

a) Flexco Bolt Solid plate

Šroubované pevné spojky jsou používány u těžkých dopravních pásů, pro přepravu materiálu jako je suť, uhlí, cement, asphalt, sůl, kovový odpad, obilí, elevátor a další materiály, viz obrázek 4.1.



Obrázek 4.1. Destičkové spojení [13]

Spojení se skládá z řady destičkových spojek složených z horních, dolních spojek a nylonové pásky (obrázek 4.2), která pomáhá snížit množství propadajícího materiálu skrze spoj.



Obrázek 4.2. Instalace nylonové pásky [13]

Výběr vhodných spojek probíhá pomocí tabulky 4.3. Spojovací destičky jsou montovány prostřednictvím vysoko-pevnostních šroubů, které je usazují do pásu, dle obrázku 4.3.



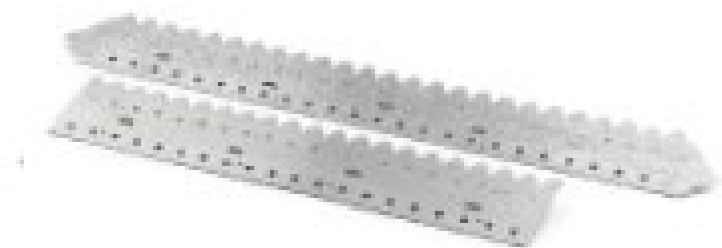
Obrázek 4.3. Destičková spojka a její montáž [13]

Tabulka 4.3. Určování typu spojek pro spojování pásů (90°) [13]

Typ spojek	Pevnost spoje N/mm	Tloušťka pásu mm	Minimální průměr válce (při 90°)
1	315	5-11	250 mm
140	400	5-11	300 mm
190	630	8-14	400 mm
1 - 1/2	500	11-17	400 mm
2	800	14-21	700 mm
2 - 1/4	1000	14-30	850 mm
2 - 1/2	800	19-25	1000 mm
3	1000	24	1200 mm

Vysoká pevnost šroubovaných pevných spojek je způsobena svěracím účinkem vysoko-pevnostních šroubů montovaných z horní strany pásů a protikusu na spodní straně. Tento svěrný účinek rovnoměrně dělí napětí pásu po celé délce spoje na jednu každou spojku. Pevnost spojení nezávisí tedy na pevnosti šroubů. Vysoká pevnost spojů a odolnost vůči roztržení je dosažena pomocí speciálně tvarovaných zoubků. Tyto zoubky se usadí do pásu, aniž by jej poškodily.

Při montáži se pomocí vrtací šablony (obrázek 4.4) a děrovače nebo lancetového vrtáku předvrtají otvory pro šrouby. Pak jsou pomocí ručního nářadí (obrázek 4.5) nebo elektro - nářadí (obrázek 4.6), namontovány spojky.



Obrázek 4.4. Šablony [13]



Obrázek 4.5. Ruční nářadí [14]

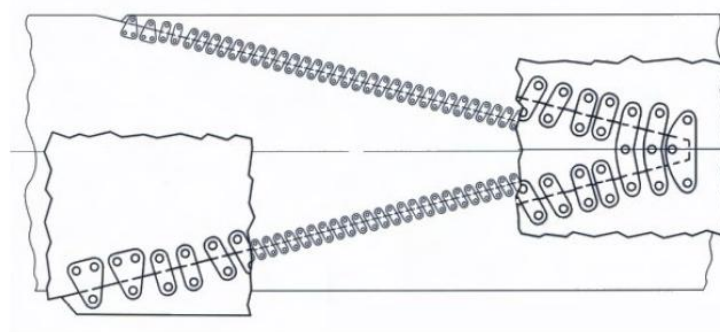


Obrázek 4.6. Elektrické nářadí [14]

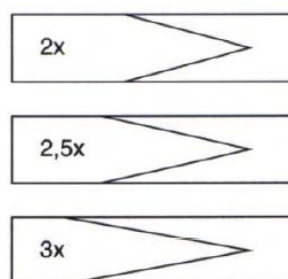
Pro dopravní pásy je dosahována pevnost do 1200 N/mm. Šroubované pevné spojky mohou být použity pro rozsah tloušťek pásů od 5 mm do 40 mm. Spojky jsou vyráběny z nerezové oceli mat. DIN 1.4401, Everdur (antimagnetický – nejiskřivý materiál) nebo MegAlloy (protiotěrový materiál).

b) Wedlok - těžký spoj

Je to typ spoje patřící do skupiny Flexco Bolt Solid Plate pro dopravní pásy s vysokou pevností v tahu. Při rozsahu jejich šíře nad 1400 mm a tloušťkách dosahujících 40 mm. Wedlok ze šroubovaných pevných spojek je určen zejména pro nasazení u těžkých dopravních pásů a výtahových pásů. Spoj se používá v těžko dostupných zástavbách pro lepené spoje, při provedení v krátkém časovém intervalu v porovnání s lepením. Schéma spoje je znázorněno na obrázek 4.7.



Délka spoje v závislosti na šířce



Obrázek 4.7. Schéma spoje Wedlok [13]

Spojení se sestává z řady destičkových spojek složených z horních a dolních spojek. Spojovací destičky jsou montovány prostřednictvím vysoko-pevnostních šroubů, které se usazují do pásu (obrázek 4.8).



Obrázek 4.8. Destičkové spojky [13]

Spojky jsou vyráběny z nerezové oceli mat. DIN 1.4401, Everdur (antimagnetický – nejiskřivý materiál) nebo MegAlloy (protiotěrový materiál).

c) Jehlové a bezjehlové spoje

Spoj je určen zejména pro používání u těžkých dopravních pásů a výtahových pásů pro tloušťky pásů od 5 do 24 mm. Typickým přepravovaným materiálem je písek, šterk, suť, uhlí, cement, asphalt, sůl, kovový odpad apod. Výběr vhodných spojek probíhá pomocí tabulky 4.4. Materiály spojek jsou zinková ocel, nerezová ocel DIN 1.440, a RustAlloy.

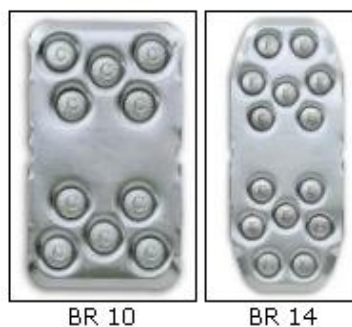
Tabulka 4.4. Určování typu spojek pro spojování pásů [13]

Velikost spoje	Pro pevnost v tahu pásu do N/mm	Tloušťka pásu v mm	Doporučený minimální průměr bubnu v mm
Bezjehlové spojení			
BR 10	1250	6 - 17	450
BR 14	1600	10 - 24	900
Jehlové spojení			
R 2	400	5 - 10	125
R 5	800	9 - 15	200
R 5 - 1/2	1250	9 - 15	250
R 6/RAR 6	1400 / 1600	10 - 17	400
R 8/RAR 8	2000 / 2500	10 - 17	400

Bezjehlové spojení (obrázek 4.9) se sestává z řady destičkových spojek (obrázek 4.10). Ty jsou montovány prostřednictvím speciálních nýtů, které je usazují do pásu pomocí přípravku MSRT, (obrázek 4.11) s možností snýtování pěti nýtů najednou.



Obrázek 4.9. Bezjehlové spojení [13]



Obrázek 4.10. Destičkové spojky bezjehlové spojení[13]



Obrázek 4.11. Přípravek MSRT [13]

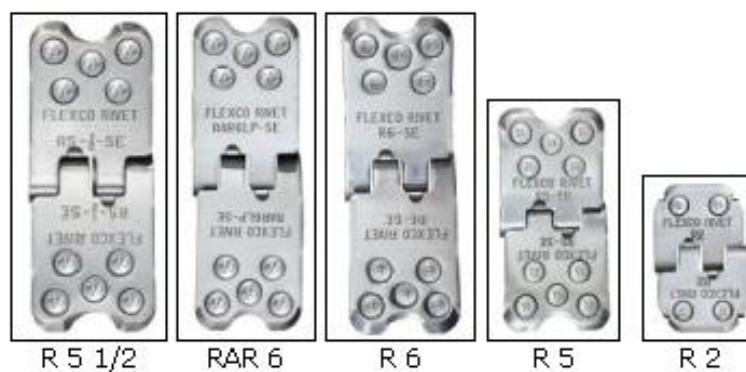
U jehlového spoje (obrázek 4.12) pomocí přípravku MSRT a MBRT (obrázek 4.13) se ustaví pás destiček (obrázek 4.14) na spojovaný pás a přes zásobník nýtů údery kladiva se provede nanýtování. Po oboustranném zánýtování pásu se provede spojení vhodnou spojovací jehlou (obrázek 4.15).



Obrázek 4.12. Jehlové spojení (R2 vlevo a R5 vpravo) [13]



Obrázek 4.13. Přípravky MSRT a MBRT [13]



Obrázek 4.14. Destičkové spojky jehlové spojení [13]



Obrázek 4.15. Jehly [13]

AC jehla používá se u těžkých dopravníků na spojích v dolech.

ACS má stejné použití jako AC a přidává antikorozi ochranu.

NAC je ocelová jehla s nylonovým krytím. Nedoporučuje se ji používat ve vlhkém a abrazivním prostředí.

NC jehla má nylonové krytí, používá se jen z R2 a R5 spojky. Nedoporučuje se ji používat ve vlhkém a abrazivním prostředí.

NCS je jehla odolná vůči korozi ale nedoporučuje se její použití ve vlhkém a abrazivním prostředí.

SC jehla je pro převoz abrazivního a drsného materiálu.

SSC jehla je odolná vůči korozi. Používá se jen z R2 a R5 spojky.

d) Flexco Bolt Hinged Fastener System

Dalším typem jehlového spojení jsou spojky pro pásy provozované na menších bubnech používaných například ve stavebnictví na stavebních strojích (obrázek 4.16).

Na konci každé spojky je kotevní vysokopevnostní šroub, který propojuje spojky skrze pás. Šrouby jsou ve spojce zapuštěny, aby nevyčnívaly nad úroveň spojky. Spojky jsou vybaveny zuby, které se zachytávají do pásu, aniž by poškodil kostru pásu (obrázek 4.17). Napětí ve spojce je rozloženo rovnoměrně po celé její šířce, takže nehrozí její uvolnění.



Obrázek 4.16. Flexco Bolt Hinged Fastener System [14]



Obrázek 4.17. Řez spojem [14]

Tento typ spoje je výhodný pro aplikace, u kterých je třeba často provádět změnu délky pásu. Výběr vhodných spojek probíhá pomocí tabulky 4.5.

Tabulka 4.5. Určování typu spojek pro spojování pásů [14]

Velikost spoje	Tloušťka pásu v mm	Maximální zatížení pásu v kN/m	Doporučený min. průměr bubnu v mm
375X	6 - 11	33	150
550	6 - 16	52	225

Instalace se provádí pomocí ručního nebo elektrického nářadí (obrázky 4.5, 4.6). Používají se speciální šablony (obrázek 4.18) a nástroje pro vytvoření otvorů razníky do pásu.



Obrázek 4.18. Šablona [14]

Plastová vyplňovací hadice (obrázek 4.19) se vkládá do místa jehly a slouží k omezování množství materiálu propadajícího skrz spoj. Jehly používané pro tento spoj jsou shodné s výše uvedenými.

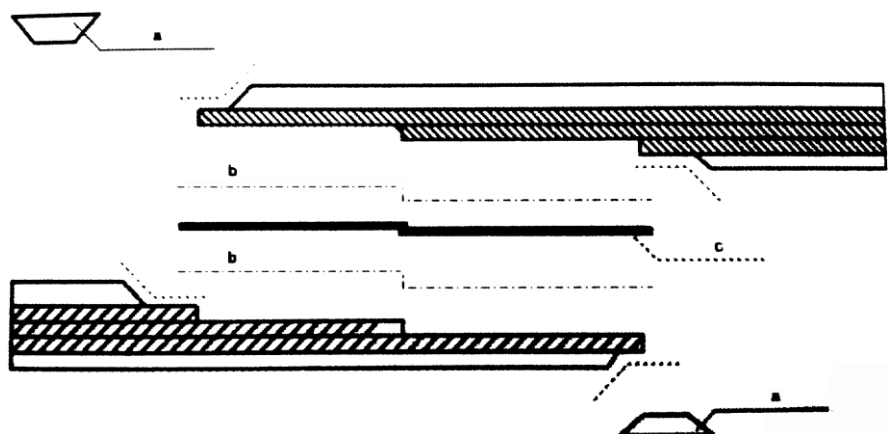


Obrázek 4.19. Vyplňovací hadice [14]

4.2 Vulkanizace

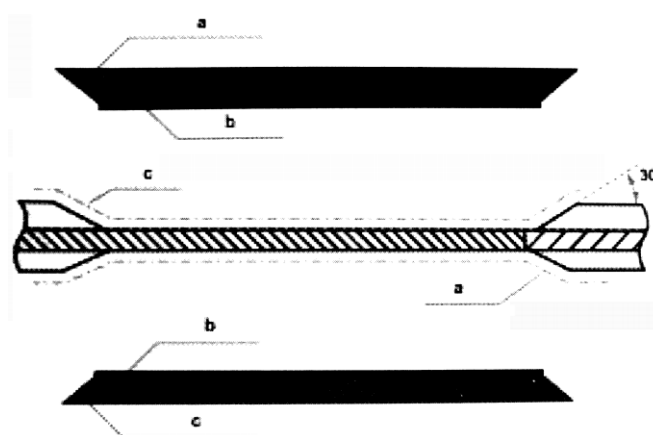
Vulkanizací se dopravní pásy spojují pomocí tepla a tlaku. Před vulkanizací je potřeba upravit konce dopravních pásů. Na obrázku 4.20 je znázorněno uspořádání spoje u přeplátování u pásu s textilní vložkou, na obrázku 4.21 je zobrazen uspořádání spoje u ocelokordového pásu. Další možností jak upravit konce pásů je tzv. prstová úprava (obrázek 4.22), která se provádí u pásů s prostorově tkanou kostrou.

Při vulkanizaci se mezi upravené konce se vloží materiál, který má stejné materiálové složení jako spojovaný dopravní pás. Oba konce se poté pod tlakem zahřívají elektrickými topnými tělesy na určenou teplotu po danou dobu.



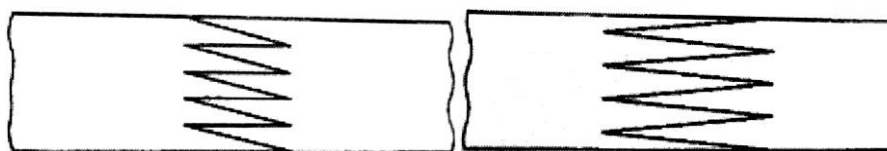
Obrázek 4.20. Uspořádání vulkanizovaného spoje u gumotextilního pásu [2]

a ... vyplňovací pásek, b ... lepicí roztok, c ... spojovací fólie



Obrázek 4.21. Uspořádání vulkanizovaného spoje u ocelokordového pásu [2]

a ... krycí vrstva, b ... spojovací fólie, c ... lepicí roztok

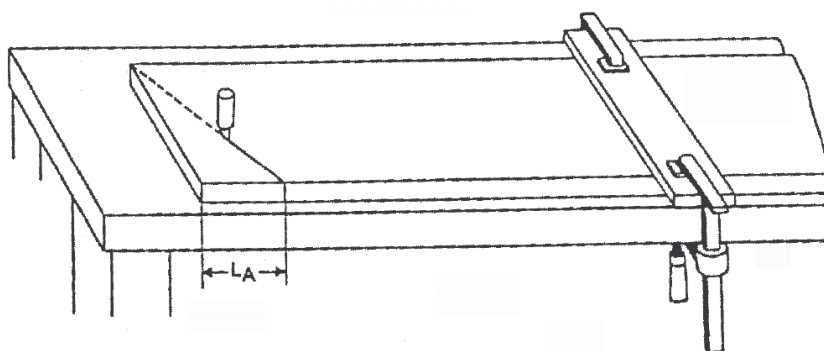


Obrázek 4.22. Prstové úpravy pásu [2]

4.2.1 Postup spojování gumotextilních pásů

Popisovaný postup spojení pásu se zabývá spojováním pásů přeplátováním.

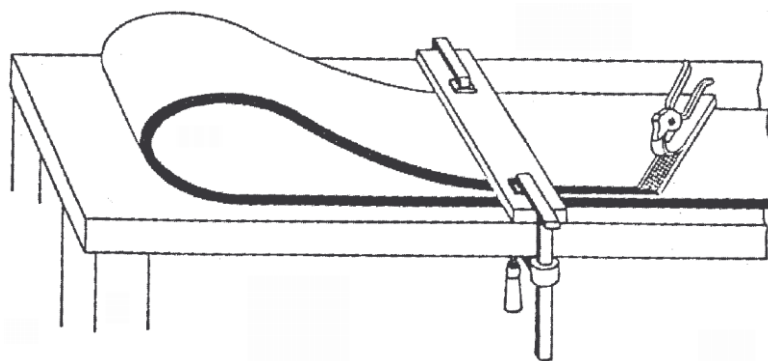
Konce pásů se připraví pro spoj šikmým řezem (obrázek 4.23). Pro přesné provedení se vrchní strana uřízne do pravého úhlu, potom přesně naměří délka zešikmení a uřízne.



Obrázek 4.23. Provedení šikmého řezu [8]

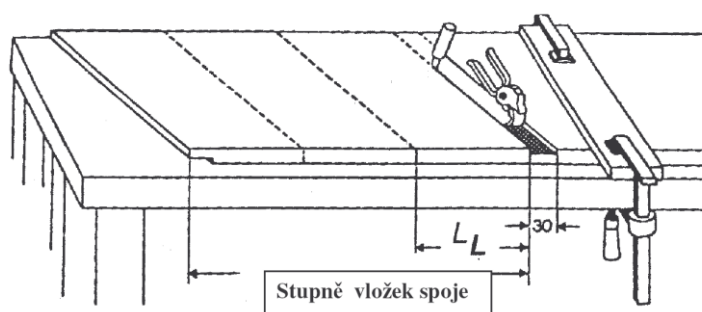
Zešikmení pásu je 0,3 násobku šířky pásu, vhodně se upraví dle úhlu desky vulkanizačního lisu. Po uříznutí se ohne konec pásu do opačné polohy a rovnoběžně s uříznutým okrajem naznačí 30 mm široký pás pod úhlem 45° strhne se spodní krycí vrstva a připraví se tím místo pro vložení uzavíracího pásu (obrázek 4.42).

Uvolněné boční pogumování se obrousí, taktéž se obrousí konec krycí gumy. Tuto operaci se provádí s otočným kotoučem. Gumový prach se okartáčuje. Konec pásu se přehne zpět a vyměří se konce jednotlivých stupňů spoje.



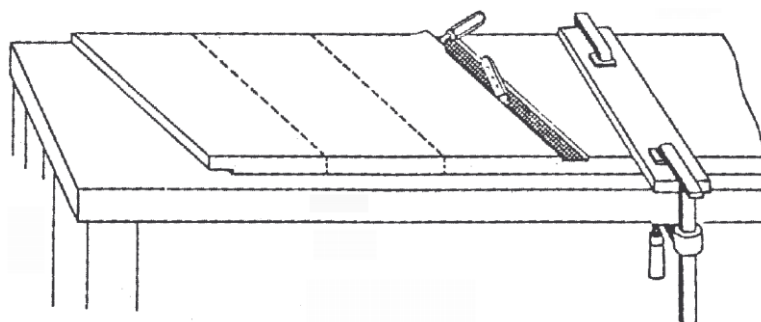
Obrázek 4.24. Ohnutí konce pásu a odstranění spodní krycí vrstvy [8]

Ve vzdálenosti odpovídající poslednímu stupni spoje, se znovu vyměří 30 mm široký uzavírací pruh a s úkosem 45° se odloupne vrchní krycí vrstvu na šířku pásu k první textilní vložce (obrázek 4.25).



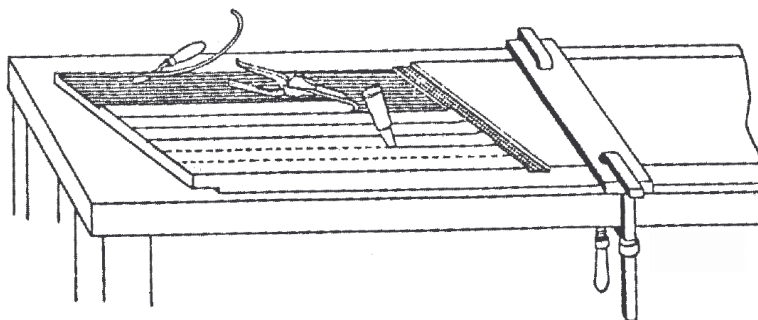
Obrázek 4.25. Odstranění vrchní krycí vrstvy [8]

Následně se prořízne ve vzdálenosti 30 mm první vložku až ke druhé vložce (obrázek 4.26). Tato operace se provádí s nožem na řezání vložek, s velkou opatrností, aby nedošlo k proříznutí druhé vložky.



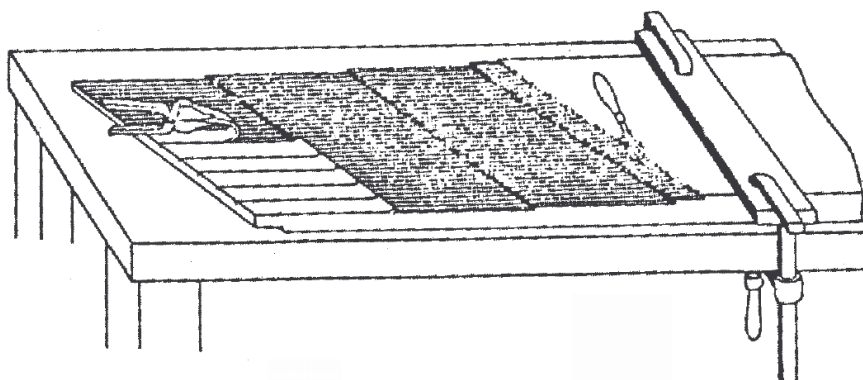
Obrázek 4.26. Proříznutí k druhé vložce [8]

Proříznutá textilní vložka se strhne i s krycí gumou (obrázek 4.27). Délku jednotlivých stupňů určuje pevnost textilní vložky.



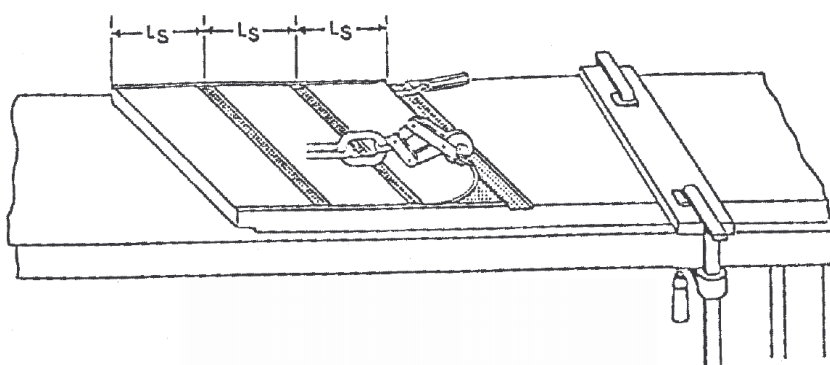
Obrázek 4.27 Strhnutí textilní vložky [8]

Strhnutí je možno provést jak ručními kleštěmi tak pomocí krokodýlích kleští s použitím vhodného tahacího mechanismu (obrázek 4.28).



Obrázek 4.28. Strhnutí textilní vložky [8]

S použitím vhodného strojního stahovače je možno stáhnout celou vložku naraz (obrázek 4.29).



Obrázek 4.29. Strhnutí textilní vložky [8]

Poté se nakreslí druhá vložka, prořízne se druhá vložka a dle výše uvedeného se stáhne. Tento postup se opakuje až do konce do vytvoření posledního stupně. Okraje se seříznou na stejnou šířku. Při stahování se dbá, aby guma na vložce zůstala zachována. Zbytky gumy na jednotlivých stupních způsobí nerovnoměrné rozložení tlaku po dobu vulkanizace spoje. Následně dle přetočeného konce se provede rozměření jednotlivých stupňů druhé strany pásu. V případě různých pevností vložek jsou doporučeny následující délky stupňů (tabulka 4.6).

Tabulka 4.6. Délky stupňů podle výrobce dopravních pásů Taurus [8]

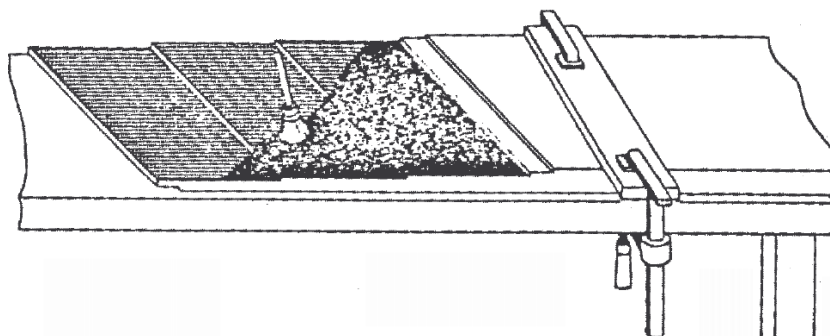
Typ pásu	Délka spoje	Délka stupňů	Počet stupňů
315/3	300	150	2
400/3	400	200	2
500/3	400	200	2
500/4	450	150	3
630/3	500	250	2
630/4	600	200	3
800/4	750	250	3
1000/4	750	250	3
1250/5	1000	250	4
1600/4	1050	350	3
2000/4	1200	400	3
2500/5	1600	400	4
3150/5	1600	400	4

Po vytvoření stupňů na obou koncích pásu se jednotlivé konce napasují na sebe, dají na doraz a zkontrolují se rozměry. Pokud je to nutné provedou se korekce rozměrů.

Provede se obroušení okraje a krycích vrstev. Jednotlivé stupně se můžou pouze odřít v místech s gumou. Pogumovaný povrch se velmi opatrně brousí s nízko obrátkovým drátěným kartáčem a obrousí se jenom guma.

Následně se povrchy určené k lepení důkladně okartáčují. Připravené lepené plochy a okraje se natrou roztokem. Nátěr se provádí štětcem s krátkými štětinami (obrázek 4.30) pro

lepší zatížení materiálu do povrchu textilu. Použitím štětce s dlouhými štětinami nastává nebezpečí, že materiál se nezatře až do struktury textilní vložky.

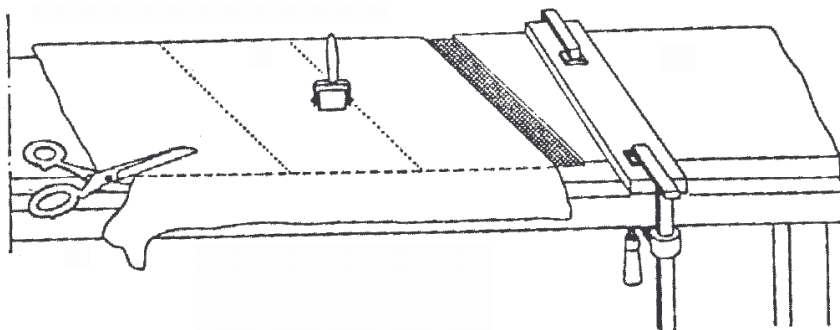


Obrázek 4.30. Nanesení lepidla [8]

Natřený povrch se úplně vysuší, to znamená, že nedojde k tvorbě vláken při nehtové zkoušce. Po úplném vyschnutí první lepicí vrstvy se nanese druhá vrstva lepidla a současně se připraví spojovací guma, která se také natře lepidlem.

Dbá se na to, aby lepidlo na bocích osychalo rovnoměrně s povrchy na plochách při druhém nátěru. Tato vrstva se nemusí úplně vysušit, jenom do takového stavu, aby zkouška nehtem působila tvorbu vláken na 4-5 mm vzdálenost.

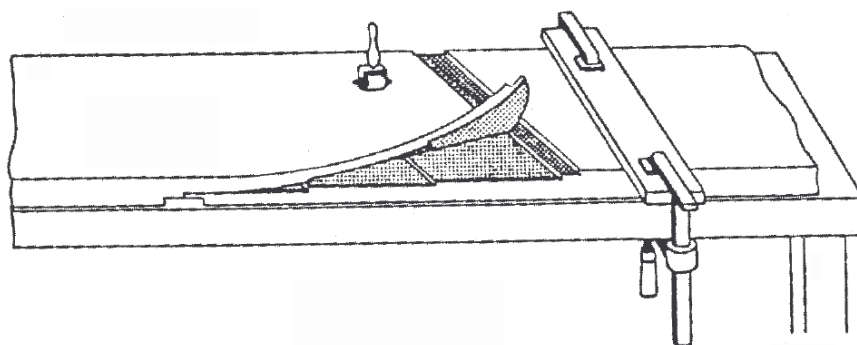
Poté se nanese spojovací rohož s fólií na připravený povrch pásu, a válečky se zaválečkují od středu směrem ven, tak aby nedošlo k vytvoření vzduchových bublin (obrázek 4.31).



Obrázek 4.31. Válečkování pásu [8]

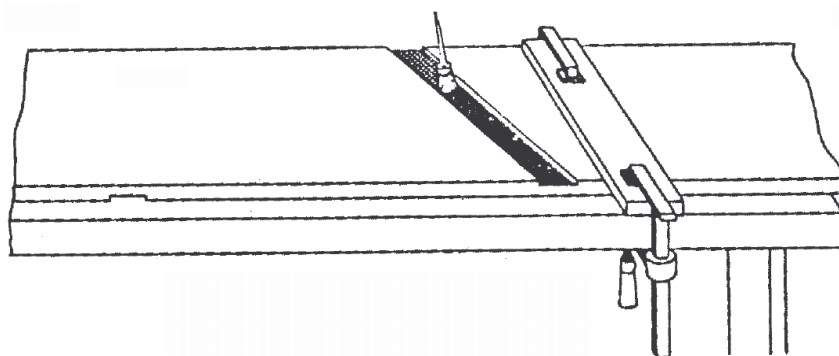
Poté se stáhne ochranná folie a volná spojovací rohož se natře z druhé strany lepícím roztokem. Pokud je to nutné zesílí se boční guma pomocí pásky spojovací rohože. Snažíme se, aby osušení bočních vrstev pokud možno probíhalo současně.

Po osušení se přesně napasují na sebe spojované pásy (obrázek 4.32). Nepřesné spojení způsobí nerovný běh pásu a tím se také zkrátí životnost spoje. Po spojení se pás v místě spoje důrazně válečkuje od středu směrem ven.

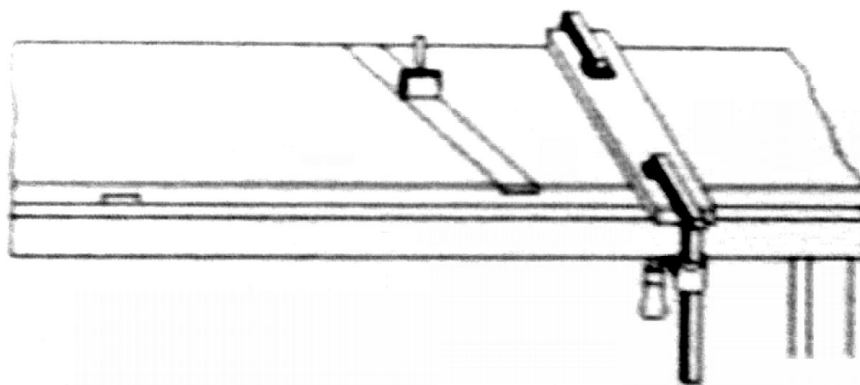


Obrázek 4.32. Napasování pásu na sebe [8]

Místo pro pásek se natře, se vloží se na místo a místo se proválečkuje (obrázek 4.33, obrázek 4.34)



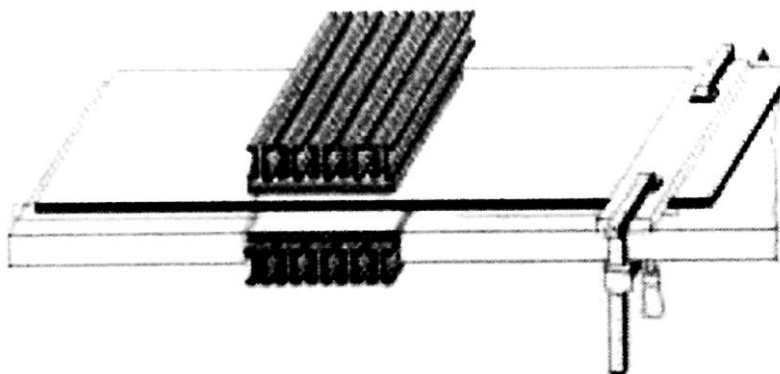
Obrázek 4.33. Natření vložky [8]



Obrázek 4.34. Umístění pásku [8]

Spoj se umístí na spodní plochu lisu. Je důležité, aby desky lisu byly delší než samotný spoj (obrázek 4.35). Lisovací desky jsou při správném umístění rovnoběžné s uzavíracím páskem. Na uzavírací pásek se přiloží silikonový papír nebo teflonová textilie, to v místě uzavíracího pásku zajistí větší přitlak. Na boky spoje se přiloží hliníková nebo železná lišta pro zajištění bočního přitlaku. Lišty jsou o 1mm tenčí než šířka pásu.

Stahovacími šrouby se stáhnou okraje překladů, přidá se přitlak a elektrické vytápění. Po čas vytápění je kontrolována teplota.



Obrázek 4.35. Umístění desek lisu na spoji [8]

Parametry vulkanizace u gumotextilních pásů:

- teplota 145 až 150°C,
- vulkanizační tlak 1,5 MPa.

Doba vulkanizace se počítá od dosažení teploty 145 až 150°C až do snížení teploty pod tuto hodnotu, viz tabulka 4.7.

Tabulka 4.7. Délka vulkanizace v závislosti na tloušťce pásu [8]

Tloušťka pásu v mm	Doba vulkanizace v minutách
do 10	30
11 - 13	33
14 - 15	37
16 - 18	40
19 - 20	45
21 – 23	50
24 - 25	55
26 - 28	60
29 - 30	60

Po čas vulkanizace se kontroluje vulkanizační tlak a teplota.

Po ukončení vulkanizace se lis chladí na teplotu 60-70°C , potom se lis demontuje. Nakonec se provedou potřebné korekce na okraji pásu a na plochách broušením a odříznutím.

4.2.2 Postup spojování pásů s ocelokordovou kostrou

Na koncích pásů se vyznačí délka spoje, úkos 0,3 násobku šířky pásu a osa dopravního pásu. Poté se styčné plochy krycích vrstev nařežou příčně pod úhlem 30°.

V místě spoje se odřežou boční hrany pásu až po kordy a oddělí se krycí vrstvy od kostry pásu tak, aby na kordech zůstala asi 0,5mm tlustá vrstva gumy. Jednotlivé kordy se od sebe oddělí a směs se mezi nimi vyřeže.

Styčné a ohraničené plochy krycích vrstev se zdrsní v šířce 30 až 50 mm, konce pásů se vyrovnají podle osy a upevní a kordy a krycí vrstvy se natrou dvakrát roztokem.

Na spodní topnou desku se položí separační folie, spodní krycí vrstva s nalepenou spojovací folií upravenou k délce a úhlu spoje se přiloží na tuto separační folii spojovací folií nahoře, natře se roztokem a spodní strany obou konců pásu se zešikmením přiloží ke spodní krycí vrstvě.

Kordy se ukládají na spodní krycí vrstvu směrem od středu ke krajům pásu. Mezi uložení kordy se vkládají pásy ze spojovací folie. Vytvořená plocha spoje se zaválečkují. Boční pásy se natrou roztokem a přiloží se obou stran podél kordů na spodní krycí vrstvu.

Celá plocha spoje, styčné plochy krycích vrstev a horní krycí vrstva s nalepenou folií se natrou roztokem. Po zaschnutí se přiloží horní krycí vrstva se spojovací folií na spoj. Spoj se zaválečkují aby se odstranily vzduchové bubliny. Položí se separační folie a založí se pravítka.

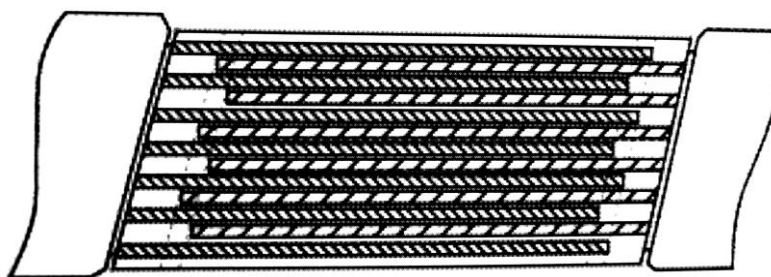
Složí se vulkanizační zařízení, pravítka se pevně přitáhnou k pásu, dále se přitáhnou svorníky traverz a zvýší se tlak na předepsanou hodnotu (1,5MPa). Proveďte se vulkanizace při teplotě v rozmezí 145 – 150°C po danou dobu dle tloušťky pásu. Po vulkanizaci se nechá spoj vychladit na teplotu 60-70°C a poté se lis demontuje. Spoj se zkontroluje a očistí.

Typy spojů ocelokordových pásů:

V tabulkách 4.8 až 4.11 jsou uvedeny délky spojů podle typu ocelokordového pásu. Na obrázcích 4.36 až 4.38 jsou vyobrazeny jednotlivé typy spojů ocelokordových pásů.

Tabulka 4.8. Jednostupňový spoj [2]

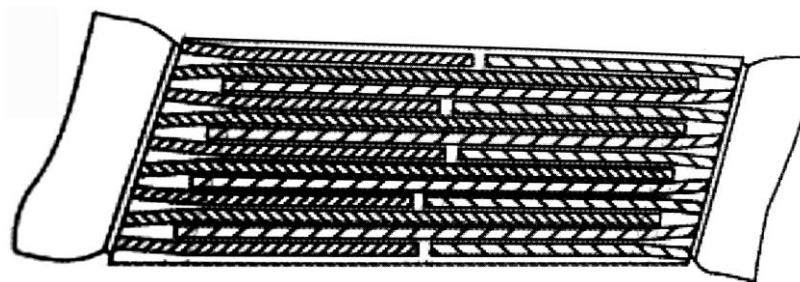
Typ pásu	St 1000	St 1250	St 1600
Délka spoje [mm]	600	650	750



Obrázek 4.36. Jednostupňový spoj [2]

Tabulka 4.9. Dvoustupňový spoj [2]

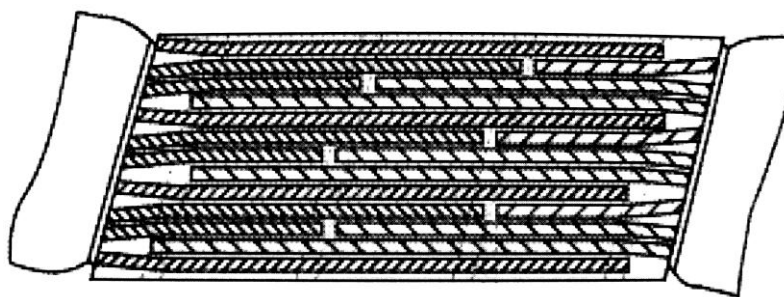
Typ pásu	St 2000	St 2500	St 3150
Délka spoje [mm]	1150	1350	1650



Obrázek 4.37. Dvoustupňový spoj [2]

Tabulka 4.10. Třístupňový spoj [2]

Typ pásu	St 4000	St 5000
Délka spoje [mm]	2650	4050



Obrázek 4.38. Třístupňový spoj [2]

V tabulce 4.14 jsou uvedeny vulkanizační časy pro jednotlivé typy ocelokordových pásů.

Tabulka 4.11. Čas vulkanizace ocelokordových pásů [2]

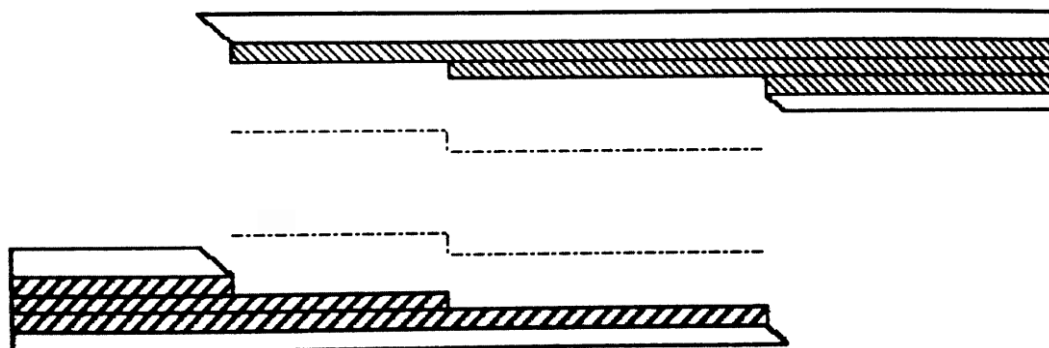
Typ pásu	St 1000	St 1250	St 1600	St 2000	St 2500	St 3150	St 4000	St 5000
Základní tloušťka pásu [mm]	14	19	20	20	27	28	29	38
Vulkanizační čas [min.]	28	28	30	32	40	43	48	65

4.3 Lepení za studena

Lepení dopravních pásů za studena se v přípravě spoje shoduje s vulkanizací za tepla (kap. 4.2.1). Je ale potřeba před lepením vysušit konce odkrytých vložek pásů což je důvod proč se tento typ spojování nehodí pro nasazení do prostředí s velkou relativní vlhkostí, jako jsou doly.

4.3.1 Postup spojování pásů studeným spojem

Při spojování pásů za studena je velice důležité dodržovat předepsanou schodovitou přípravu dopravního pásu (obrázek 4.39).



Obrázek 4.39. Uspořádání lepeného spoje u pásu s textilní vložkou [2]

Při přípravě lepeného spoje se dbá na to, aby se brousily pouze povrchy, na kterých se vyskytují zbytky gumy. Vložka pásu se nesmí narušit, protože vlivem toho dojde k odstranění impregnace z vložky a tím se zhorší pevnost spojení.

Broušením se zvětšuje aktivní plocha povrchu, pro tento účel je vhodný drátěný kotouč. Neměli by se používat kotouče, které povrch vyleští nebo spálí. Gumová drť se odstraňuje drátěným kartáčem.

Lepidla používaná pro lepení pásů jsou dvousložková (katalyzátor + lepicí roztok). Na připravený povrch se nanese rozmíchané lepidlo a úplně osuší. Pro nanášení se používá štětec s krátkou srstí, s tím se dá lépe vetřít lepidlo do struktury textilu. Vyschlост povrchu se

kontroluje nehtovou zkouškou podle této zkoušky mezi nehtem a povrchem nemůže vzniknout vlákno.

Po úplném vyschnutí se nanese druhá vrstva. Vysušení druhé vrstvy se provádí do té doby, než při nehtové zkoušce dojde k vytvoření vlákna o délce 5 až 6 mm. Povrchy se poté spojí. Dbá se na to, aby optimální vysušení nastalo na obou lepených površích stejnoměrně.

Spojované povrchy se musí proválekčkovat s postupem od středu směrem k okrajům. Pro válečkování se používají dva typy válečků. Nejdříve se použije širší váleček, aby se vrstva lepidla nedeformovala, potom se použije užší váleček, na který se působí co největší silou. Pás je možné použít po 6 až 8 hodinách.

4.4 Výhody a nevýhody jednotlivých typů spojování dopravních pásů

Mechanické spoje

Výhody:

- jednoduchost,
- nenáročnost na potřebné zařízení,
- rychlost provedení spoje.

Nevýhody:

- nižší pevnost okolo 55% pevnosti pásu,
- znečišťování spodní větve pásu propadem z vrchní větve přes spoj,
- nedokonalá pružnost spoje,
- dochází k otěru bubnu spojem.

Lepené spoje

Výhody:

- celistvost spoje,
- pružnost spoje.

Nevýhody:

- dlouhá příprava spoje pásu,
- nutnost aby vložky byly suché,
- po slepení dlouhá doba než spoj ztvdne až 8 hodin,
- nepoužitelné v prostředí s vysokou relativní vlhkostí.

Vulkanizace

Výhody:

- nejlepší celistvost spoje,
- pružnost spoje,
- dosažení nejvyšší pevnosti až 75 % pevnosti pásu,
- rychlejší ztvdnutí spoje oproti lepeným spojům.

Nevýhody:

- časová náročnost na přípravu oproti mechanickým spojům,
- potřeba nevýbušného provedení zařízení pro vulkanizaci v plynujících dolech.

Pro mé zadání se jako nejvýhodnější varianta spoje jeví vulkanizace. Protože u tohoto spoje se dosahuje nejpevnějšího a nejcelistvějšího spoje ze všech možností.

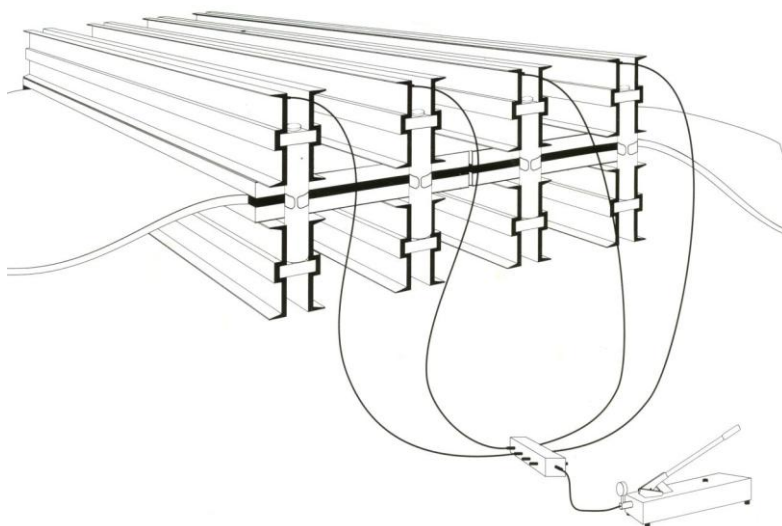
5 Vulkanizační lisy pro spojování dopravních pásů

Jsou to zařízení, která se používají pro spojování dopravních pásů. Jsou konstruovány tak aby působením tlaku a teploty spojily konce pásů. Princip je u všech stejný. Lis se nainstaluje na připravený pás a poté se natlakuje na požadovaný tlak. Pás se pomocí topných desek nahřívá až do teploty dané technologickým postupem od výrobce pásu. Po dosažení této teploty se pás na ní udržuje určenou dobu. Poté se lis chladí buď nuceně pomocí vzduchu, nebo vody, kanálky v chladicí desce nebo se nechá vyhladnout přirozeně okolním vzduchem. Po vychladnutí na teplotu asi 65°C se může lis demontovat.

V čem se liší konstrukční návrhy vulkanizačních lisů, je vyvození tlakové síly. Vulkanizační lisy mohou vytvářet tlak na spoj pomocí hydraulických válců nebo tlakového vaku.

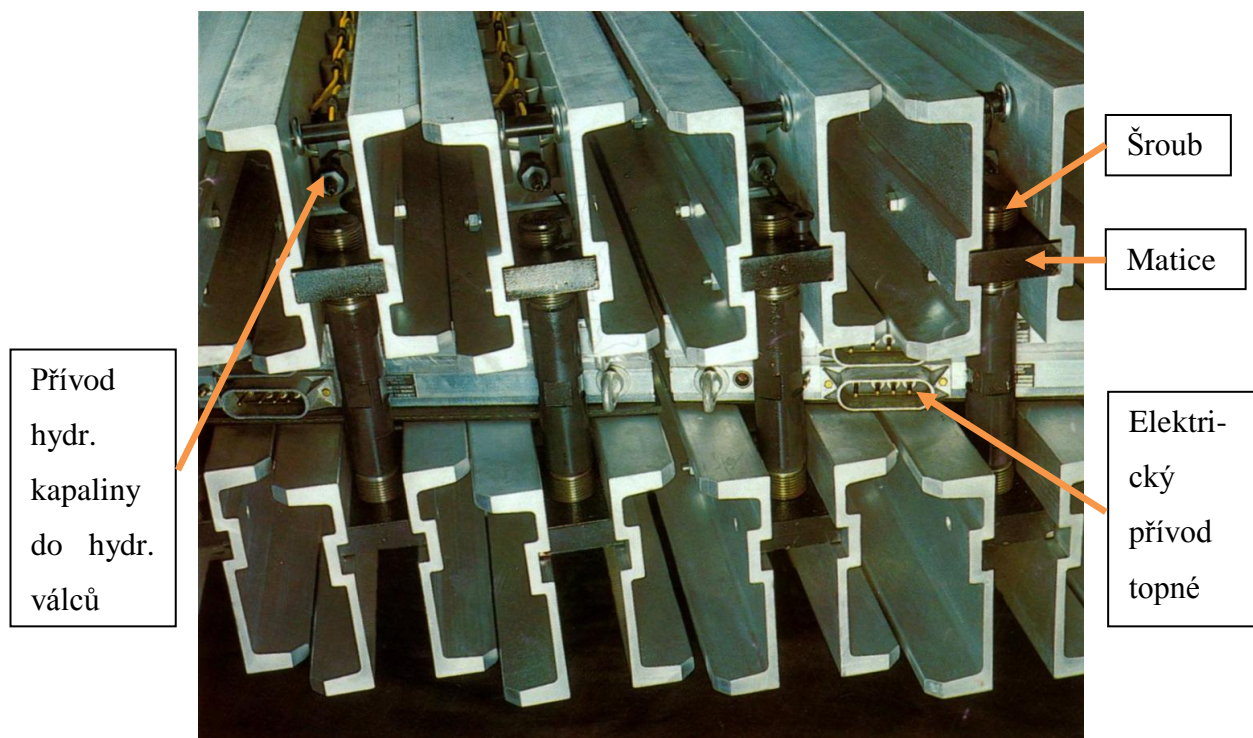
5.1 Vulkanizační lis s hydraulickými válci

Vulkanizační lis s hydraulickými válci s Krušnohorských strojíren a.s. je znázorněn na obrázcích 5.1 – 5.3. Na obrázku 5.1 je znázorněno schéma lisu stavebnicové konstrukce, která umožňuje spojování dopravních pásů od šíře 1000 do 2600 mm.



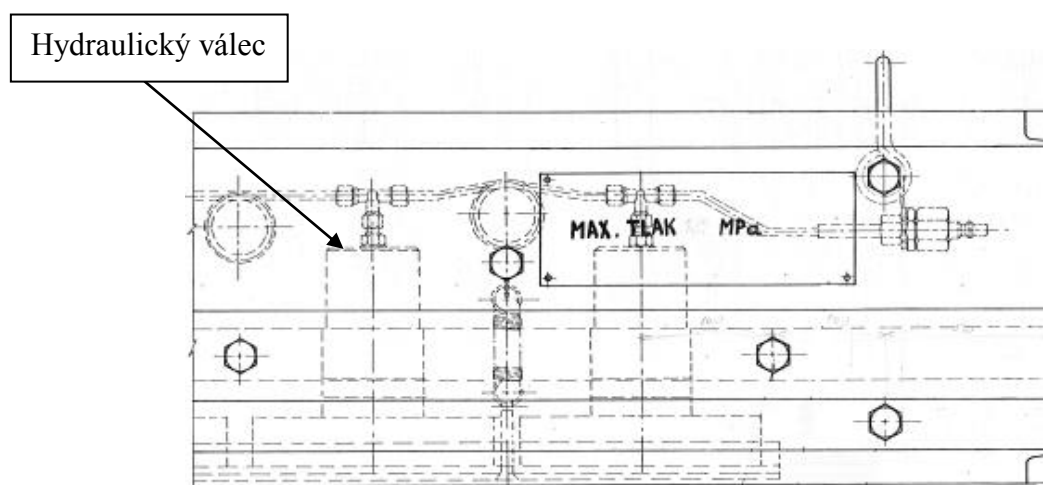
Obrázek 5.1. Schéma vulkanizačního lisu s hydraulickými válci [10]

Na obrázku 5.2 je vidět v horních nosnících umístění jednotlivých hydraulických válců, přívody hydraulické kapaliny do hydraulických válců, přívody elektrické energie do topných desek a šrouby stahující nosníky a desky k sobě.



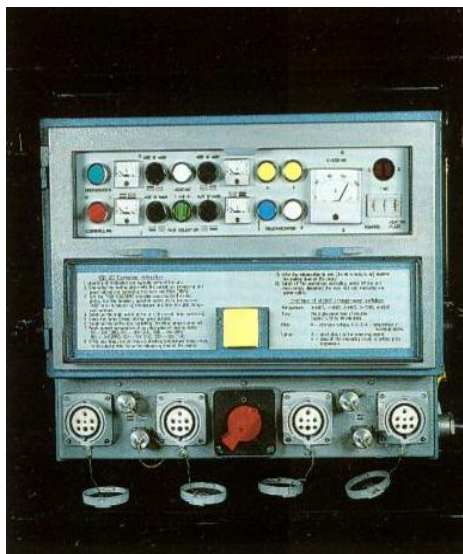
Obrázek 5.2. Pohled na smontovaný lis [10]

Na obrázku 5.3 je znázorněn řez horního nosníku s vyobrazenými hydraulickými válci



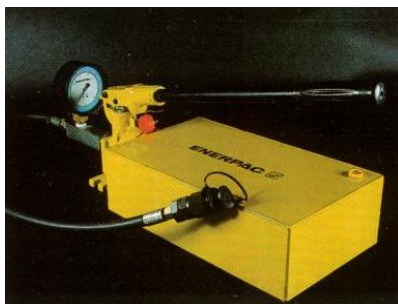
Obrázek 5.3. Řez horního nosníku [10]

Na Obrázku 5.4 je zobrazena regulační skříň obsahující veškeré ovládací, signalizační a kontrolní prvky pro řízení procesu vulkanizace.



Obrázek 5.4. Regulační skříň [10]

Tlak v hydraulické soustavě je dosažen ručním čerpadlem, viz obrázek 5.5

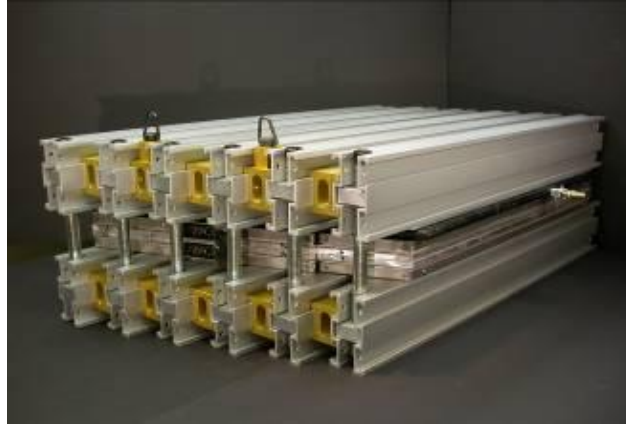


Obrázek 5.5. Ruční čerpadlo [10]

5.2 Vulkanizační lis s tlakovým vakem

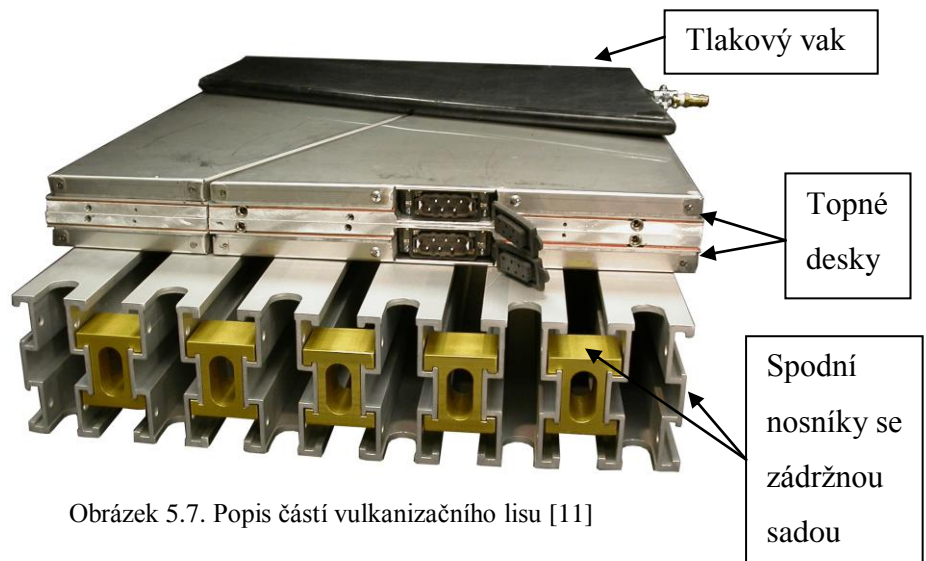
Almex

Vulkanizační lis vyvozuje tlak na spoj pomocí vaku. Na obrázku 5.6 je zobrazena souprava od firmy Almex.



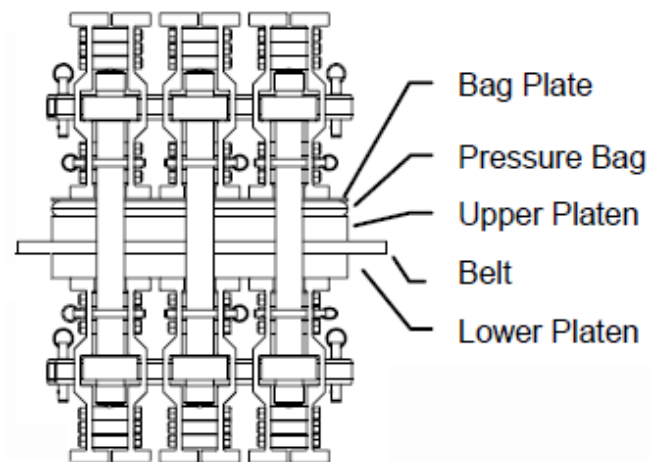
Obrázek 5.6. Vulkanizační lis firmy Almex [11]

Na obrázku 5.7 jsou vyobrazeny jednotlivé části lisu.



Obrázek 5.7. Popis částí vulkanizačního lisu [11]

Na vak se ještě dává deska vaku a až na ni horní nosník jak je zobrazeno na obrázku 5.8



Obrázek 5.8. Schéma vulkanizačního lisu [11]

Na obrázku 5.9 je zobrazen připojení chlazení desky, na obrázku 5.10 připojení topení desky, a na obrázku 5.11 šroub s maticí pro spojení lisu v jeden celek.



Obrázek 5.9. Chlazení topné desky [11]

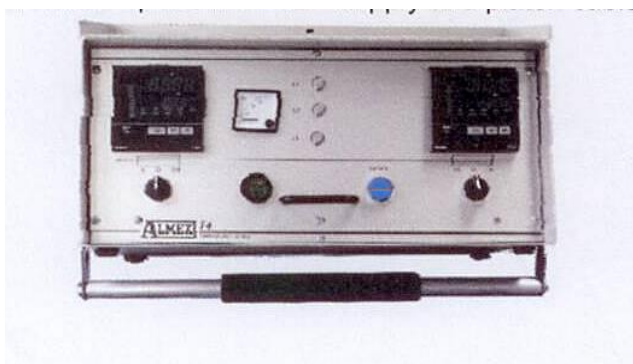


5.10. Přívod elektrické energie topné desky [11]



5.11. Šroub a matice [11]

Lis je řízen přes ovládací zařízení, které během vulkanizace kontroluje a řídí veškeré procesy ohledně ohřevu a udržování teploty po požadovaný čas na požadované úrovni viz obrázek 5.12.



Obrázek 5.12. Ovládací zařízení [11]

VVV Most

Vulkanizační lis (obrázek 5.13) se skládá z horního a dolního bloku a stahovacích šroubů. Čím se liší tento lis od předchozího výrobku Almexu je konstrukce topných bloků, které jsou konstruovány jako kompaktní celek skládající se z topné desky, tlačné lišty a nosníku, tvořícím rám. Tlačná lišta je vybavena pneumatickým vakem, který přes tepelnou izolaci rozpíná nosník a topnou desku. Topný dolní blok se skládá z topné desky a nosníku, tvořícím rám. Oba nosníky jsou staženy stahovacími šrouby.



Obrázek 5.13. Vulkanizační lis TVJ [15]

6 Technologické požadavky na vulkanizační lis

Manipulace

S vulkanizačním lisem se pracuje převážně v terénu např. na povrchových dolech a je potřeba aby s každou částí vulkanizačního lisu se dalo jednoduše manipulovat. K tomu se dopomáhá stavebnicovou konstrukcí lisu a snahou o to, aby každá část lisu měla co nejnižší hmotnost a umožňovala případně manipulaci pomocí manipulačních prostředků.

Ovládání

Ovládání teploty a času u vulkanizačního lisu se provádí pomocí ovládacích zařízení, na kterých je potřeba nastavit jen požadované hodnoty pro spojovaný pás a poté je celý proces přes ohřev, udržování teploty na požadované teplotě po požadovaný časový úsek při samotné vulkanizaci až po ochlazování řízen automatickým systémem. Ovládání přívodu kapaliny/vzduchu do tlakových vaků je řešeno ručním ovládáním. Stejně je řešeno ovládání při ochlazování lisu.

Povrchová úprava zařízení

Celý vulkanizační lis z důvodu že je s jeho jednotlivými částmi bezprostředně manipulováno je bez ostrých hran, o které by se mohl zranit některý z pracovníků. Lis se skládá z větší části z hliníku, který velmi dobře odolává korozi, a zbývající ocelové části jsou ošetřeny povrchovou úpravou pozinkováním. Je zde také použito několika barevných provedení hadic, když jednotlivými barvami je určeno která se použije pro přívod a odvod kapaliny kapaliny/vzduchu.

Pevnostní naddimenzování zařízení

Zařízení při svém provozu je zatěžováno statickou silou vycházející z tlakových vaků. Doba potřebná, po kterou je lis natlakován, se různí podle toho, jaký pás se spojuje. U nejtlustších pásů trvá doba, kdy je potřeba, aby byl lis natlakován asi dvě hodiny. Během

této doby je potřeba, aby lis byl natolik pevný a tuhý aby nedocházelo k příliš velkým deformacím a co nejvíce tlaku s tlakových vaků bylo přenášeno na spojovaný pás.

Poloha lisu

Vulkanizační lis se taví na pevné a rovné podložce, která má co nejjednodušší přístup. Díky dodržení této zásady se docílí zjednodušení manipulace se spojovaným pásem, vulkanizačním lisem a dosáhne se lépe požadované jakosti spoje pásu.

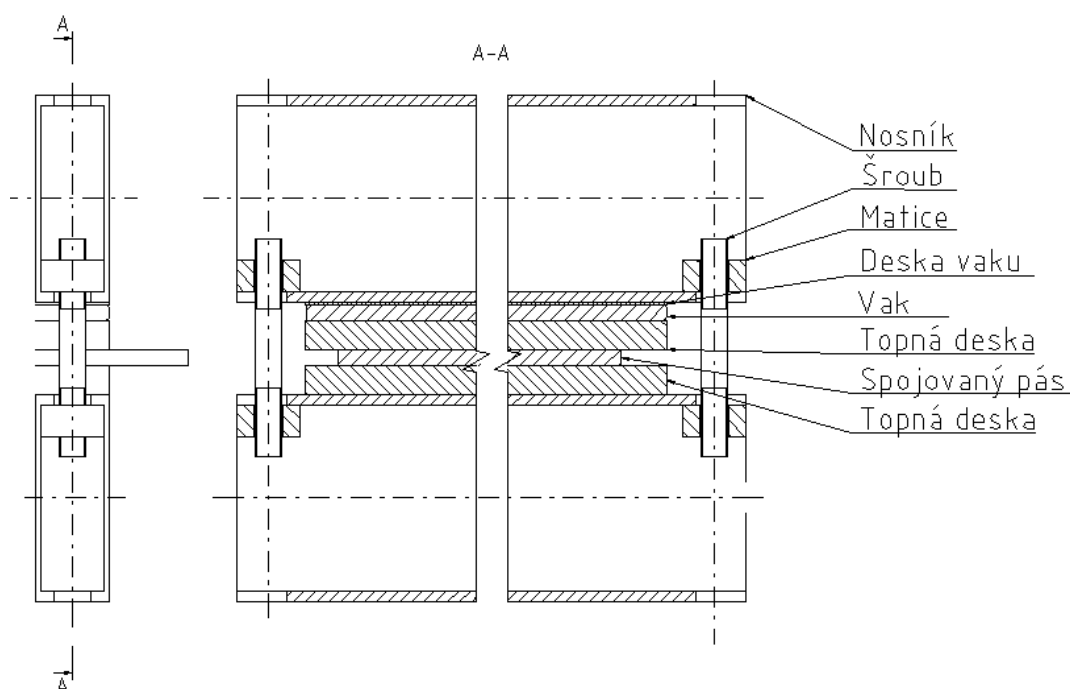
Bezpečnost

Při práci se zařízením je potřeba dbát opatrnosti neboť jednotlivé části lisu váží několik desítek kilogramů. Mezi povinné ochranné prvky patří pevná obuv, oděv, helma a rukavice. Lis je jištěn pro případ selhání některého ze šroubů příčnými tyčemi a kolíky. Pro bezpečnost je velmi výhodné také, že topné desky jsou odizolovány takovým způsobem, že teplo z nich neprostupuje do dalších částí lisu.

7 Koncepční návrh vulkanizačního lisu

7.1 Skladba vulkanizačního lisu

Na obrázku 7.1 je zobrazen koncepční návrh vulkanizačního lisu. Kde je zobrazen jeden z nosníků, které budou vedle sebe vyskládány podél spoje dopravního pásu. Pod nosníkem jsou desky vaku, dále tlakové vaky, které vyvozují tlak v lisu a topná deska, která zahřívá pás. Pod topnou deskou je zobrazen spojovaný pás a pod ním druhá topná deska. S podložkou v kontaktu je spodní nosník. Celý lis je spojen v jeden celek pomocí šroubů a matic, které se umísťují do přírub profilu.



Obrázek 7.1. Skladba vulkanizačního lisu

7.2 Topná deska

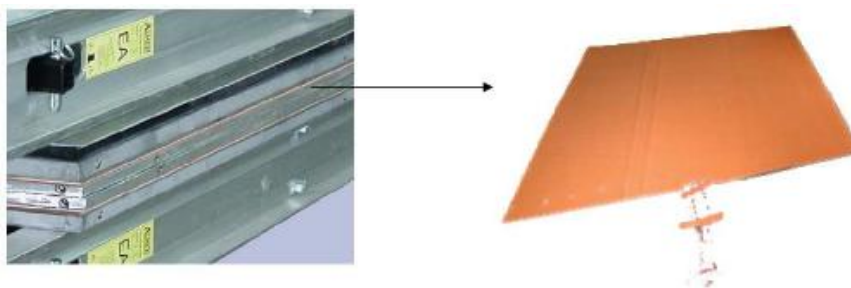
Pro kvalitní spoj je důležité dosáhnout rovnoměrného rozložení teploty na topných deskách potažmo na spoji. Když se tak nestane, nastávají tyto problémy:

- při příliš velkých teplotách dochází k převulkanizování pryže ve spoji a ta se stává tvrdou a křehkou,
- při příliš nízkých teplotách je spoj měkký a plastický.

Při těchto dvou extrémech vyrobené spoje mají nižší pevnost v tahu, odolnost proti odření a hodnoty přilnavosti.

Každá topná deska (obrázek 7.2) použitá u tohoto lisu, dovoluje v určitých mezích průhyb, aby bylo dosaženo co nejlepšího kontaktu mezi ní a pásem. Pro co největší energetickou úspornost jsou topné desky složeny v jeden zaizolovaný celek a nedochází tak k tepelným a energetickým ztrátám k čemuž dopomáhá také to, že každá topná deska má vlastní regulátor teploty.

Každá topná deska má v hliníkové části chladicí kanálky. Díky urychlení chlazení po vulkanizaci se urychluje celý proces spojování pásu.



Obr. 7.2. Topná deska (vlevo) a topný element (vpravo) [12]

Topná deska má tyto vlastnosti:

- energetická účinnost díky přímému kontaktu se spojem,
- dobrá izolace a eliminace tepelných ztrát,
- rychlý ohřev.

7.3 Deska vaku a tlakový vak

Během vulkanizace je důležité, aby tlak ve spoji byl ve všech místech stejný. U nerovnoměrného rozložení tlaku na spoj dochází k těmto poruchám spoje:

- poréznost a špatná přilnavost spoje,
- oddělení lepených vrstev a tvorba puchýřů,
- snížení pevnosti pásu,
- snížená životnost spoje.

Příčiny nedostatečného tlaku lisů používajících systém hydraulických válců:

- Tloušťka pásu není po celé délce stejná. Po čase používání u každého pásu dochází k opotřebení nejvíce ve středu. Při použití pevných lisovacích desek je tak na krajích pásu dosažen vyšší tlak než na středu pásu.
- Některý s hydraulických válců může být nefunkční a tím se nedosáhne rovnoměrného rozložení tlaku na plochu spoje.

Při použití vaku a pružné desky se dosáhne těchto výhod:

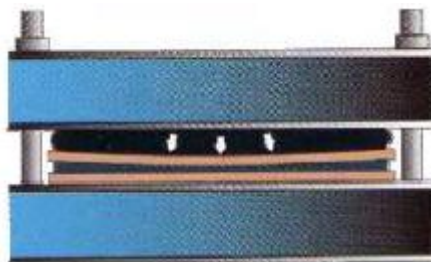
- vak pokryje celou plochu spoje,
- deska vaku má schopnost se přizpůsobit tvaru pásu.

Na obrázku. 7.3 je vulkanizační lis před natlakováním.



Obr. 7.3. Vulkanizační lis před natlakováním [12]

Na obrázku 7.4 je vulkanizační lis po natlakování.



Obr. 7.4. Vulkanizační lis po natlakování [12]

Vak je plněn buď pomocí kompresoru vzduchem, nebo čerpadlem kapalinou. Vzduchem se plní do hodnoty 7 bar při spojování gumotextilních pásů. Při spojování ocelokordových pásů se natlakuje vak kapalinou na tlak 14 bar. Vak tohoto lisu je vyroben kombinací pryže a plastů. Boky vaku jsou zesíleny švy proti deformacím. Maximální testovaný tlak na těchto vacích je 30 bar, pro běžnou praxi se připouští maximální hodnota 20 bar. Při skládání lisu je potřeba dbát na to, aby vak nevyčníval mimo desky ale, aby desky vak překrývaly, jinak by mohlo docházet k nežádoucím deformacím vaku.

7.4 Nosníky

Nosníky zaručují tuhost celého vulkanizačního lisu. Nesmí dovolit přílišné deformace při natlakování lisu, ale zároveň musí dovolit co nejjednodušší manipulaci. Nosníky použité u tohoto lisu jsou z hliníku, který splňuje požadavky jak z hlediska manipulace (je 3x lehčí než ocel) tak z hlediska pevnostního. Navrhovaný nosník má uzavřený obdélníkový profil.

7.5 Šrouby a matice

Tvoří spojovací uzel, který drží nosníky v požadované poloze vůči sobě a přenáší se do nich síly, které vyvozuje vak na nosníky. Matice se šrouby se instalují do přírub v nosnících. Jedná se o nepředepjatý spoj v nezatíženém stavu, kdy se dotáhne šroub jenom rukou, aby se matice opřeli o příruby nosníku. Po zatížení jsou šrouby namáhány tahem a ohybovým momentem od deformace nosníků.

7.6 Příčné tyče a kolíky

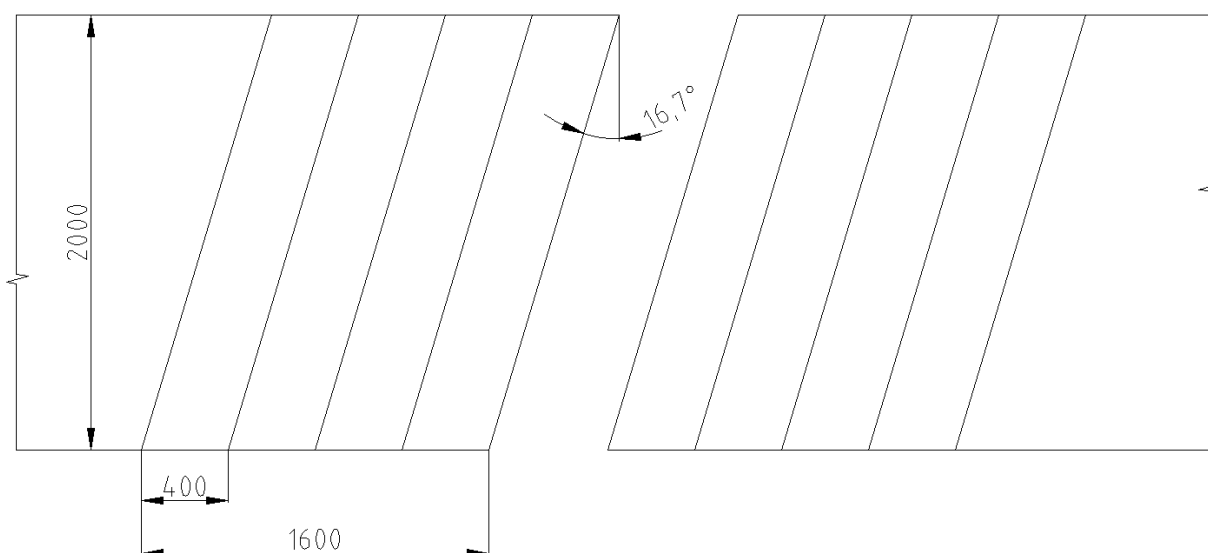
Vkládají se do odlehčení v nosnících a poté se zajistí pomocí kolíku. Jedná se o bezpečnostní prvek, který chrání před selháním z některých šroubů.

8 Návrh vulkanizačního lisu

Ze zadání vyplývá, že mám navrhnout zařízení pro spojování pásů těžkých pásových dopravníků, jejichž šířka je 1200 až 2000 mm a pevnost $3150 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. Následující výpočty jsou provedeny pro lis, který bude spojovat pásy o šířce 2000 mm. Výpočty pro další šířky pásů 1800, 1600, 1400 a 1200 mm jsou uvedeny v příloze G: Výpočty.

8.1 Návrh velikosti spoje

Pro návrh tohoto zařízení si musím zvolit další parametry, abych mohl toto zařízení navrhnout. Spoj pásu bude, prováděn přeplátováním viz kapitola 4.2.1. Zadané pevnosti pásu $3150 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ odpovídá 5vložkový gumotextilní dopravní pás (tabulka 4.6). Dle tabulky 4.6 je pro tento pás předepsána délka jednoho stupně 400 mm a při pěti vložkách pásu nám vznikne celková délka spoje 1600 mm. Na obrázku 8.1 jsou zobrazeny rozměry spoje dopravního pásu.



Obrázek 8.1. Rozměry spoje dopravního pásu [mm]

8.2 Návrh rozměrů plochy pro topné desky vulkanizačního lisu

Po zjištění velikosti spoje, mohu navrhnout potřebnou velikost plochy pro topné desky. Pro výpočet jsem použil vzorce firmy Shaw Almex [16].

Výpočet rozměru A

$$A = 1600 + 150 = 1750 \text{ mm}$$

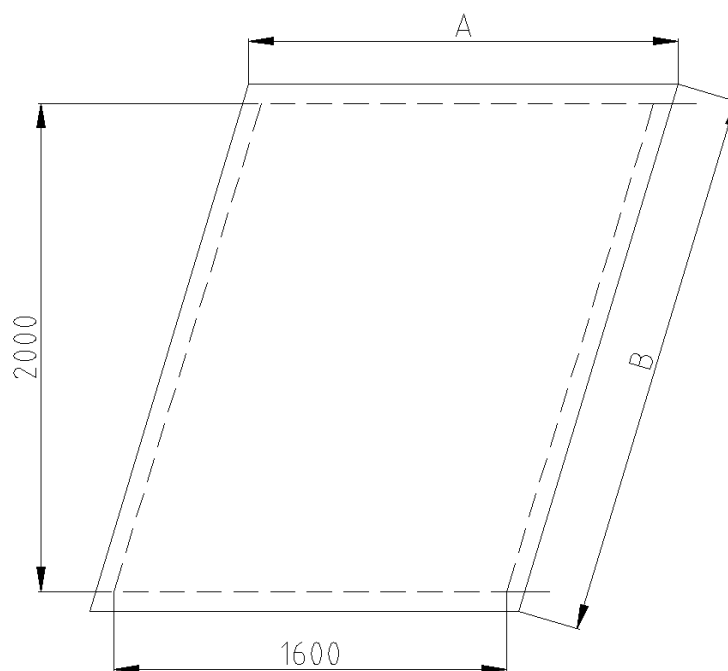
K délce spoje je připočteno 150 mm.

Výpočet rozměru B

$$B = 2000 + 150 \cdot 1,05 = 2258 \text{ mm}$$

K šířce pásu připočteno 150 mm a to celé vynásobeno koeficientem 1,05 pro úhel spoje $16,7^\circ$ (16).

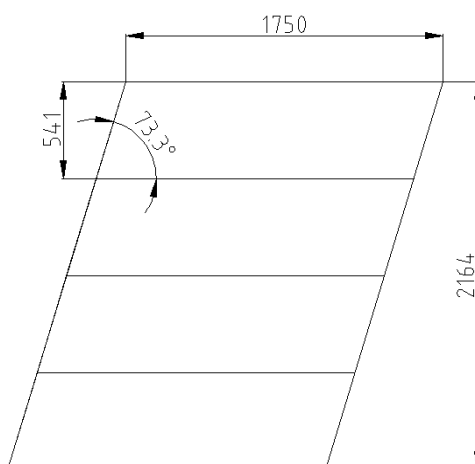
Na obrázku 8.2 jsou zobrazeny rozměry plochy pro topné desky.



Obrázek 8.2. Rozměry plochy pro topné desky [mm]

8.3 Návrh topných desek

Plocha pro topné desky se z důvodu lepší manipulace a vyrobiteľnosti rozdělí na několik částí. Na obrázku 8.3 je zobrazeno rozdělení plochy na 4 topné desky o rozměrech 541 x 1750 mm.



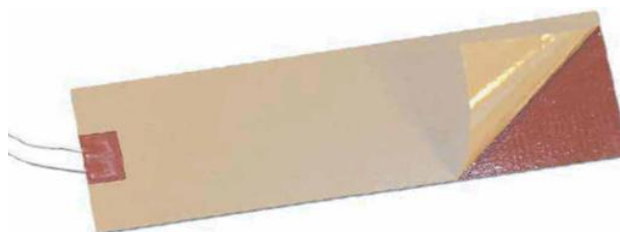
Obrázek 8.3. Rozdělení plochy pro topné desky [mm]

Topné desky se skládají ze tří vrstev materiálů (obrázek 8.4). V kontaktu se spojovaným dopravním pásem je deska z hliníku, která při ohřevu pásu slouží jako vodič tepla od topného tělesa a naopak při chlazení pásu po vulkanizaci je kanálky v této desce hnána voda pro co nejrychlejší odvod tepla z místa spoje. Vstupy chladicího systému na deskách jsou typu 1/8" NPT (Obrázek 5.9).



Obrázek 8.4. Řez topnou deskou

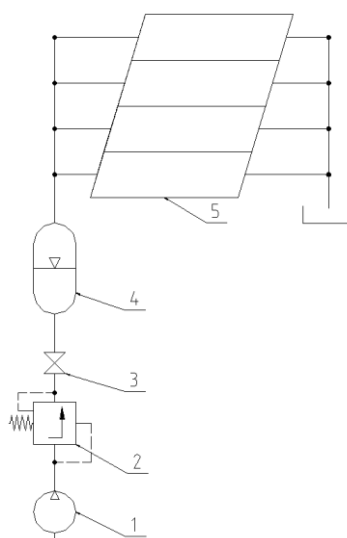
Druhá vrstva je silikonové topné těleso, které se skládá z odporové části izolované mezi dvěma pláty silikonu, které jsou zesílené skleněnými vlákny (obr. 8.5). Třetí vrstvu tvoří izolace S 4000 [18], která chrání pryžové vaky před působením vulkanizačních teplot a také snižuje energetickou náročnost celého zařízení tím, že teplo je využito na ohřev pásu a ne okolních komponent lisu.



Obrázek 8.5. Silikonové topné těleso [17]

Topné desky jsou napájeny napětím 400V (Obrázek 5.10) a teplota je řízena pomocí ovládací skříně (obr. 5.12), která po nastavení řídí proces vulkanizace automaticky. Každá ovládací skříň reguluje dvojici topných desek (jedna na pásu, druhá pod pásem). Na navrhovaném lisu je tedy použito čtyř těchto ovládacích skříní.

Na obrázku 8.6 je zobrazeno schéma zapojení chlazení topných desek po vulkanizaci, pro urychlení ochlazení lisu.

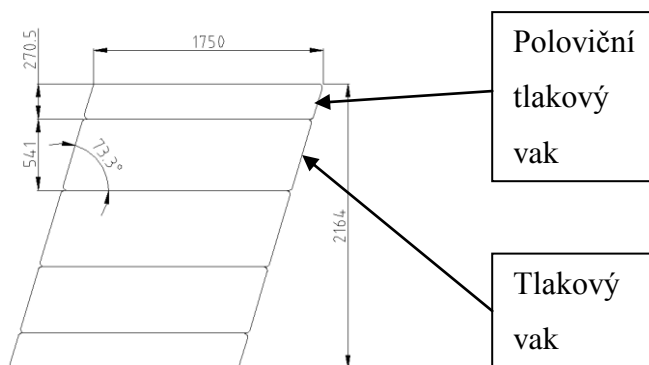


Obrázek 8.6. Schéma obvodu chlazení topných desek

1 ... kompresor, 2 ... redukční ventil, 3 ... uzavírací ventil, 4 ... tlaková nádoba s vodou, 5 ... topná deska

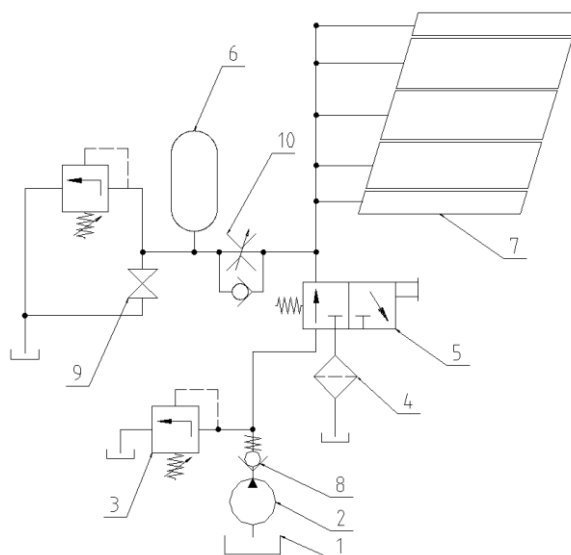
8.4 Návrh tlakových vaků

Je doporučeno, aby tlakové vaky překrývaly hranu mezi dvěma topnými deskami. Proto jsou u tohoto vulkanizačního lisu použity dva poloviční tlakové vaky o velikosti 270,5 x 1750 mm a tři o velikosti 541 x 1750 mm. Na obrázku 8.7 je zobrazeno rozmístění tlakových vaků na topných deskách.



Obrázek 8.7. Rozmístění tlakových vaků [mm]

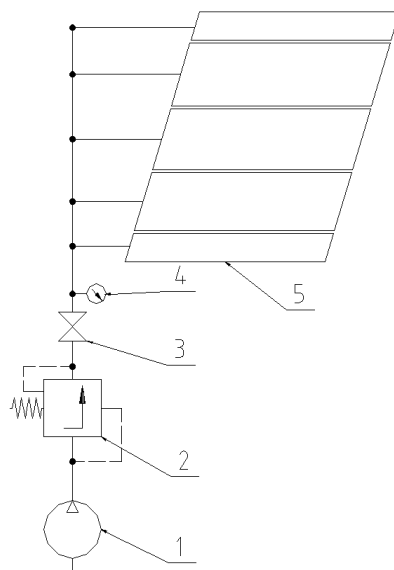
Na obrázku 8.8 je zobrazeno schéma hydraulického obvodu napojení tlakových vaků, které se používá při vulkanizaci ocelokordových pásů k vyvození tlaku 14 bar v každém s vaku.



Obrázek 8.8. Schéma hydraulického obvodu napojení tlakových vaků

1 ... nádrž, 2 ... čerpadlo, 3 ... pojistný ventil, 4 ... filtr, 5 ... dvupolohový třístenný rozvaděč, 6 ... hydraulický akumulátor, 7 ... tlakový vak, 8 ... jednosměrný ventil, 9 ... uzavírací ventil, 10 ... škrtkový ventil

Na obrázku 8.9 je zobrazeno zapojení pneumatického obvodu tlakových vaků, které se používá při spojování gumotextilních pásů k vyvození tlaku 7bar v každém s vaku.

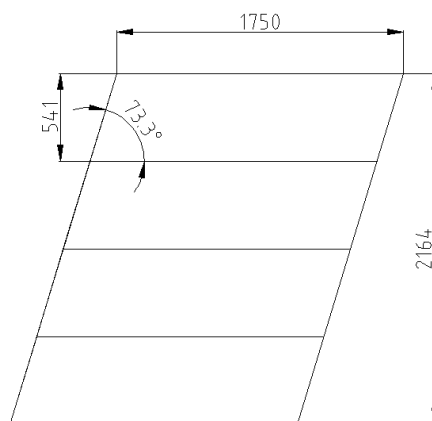


Obrázek 8.9. Schéma hydraulického obvodu napojení tlakových vaků

1 ... kompresor, 2 ... redukční ventil, 3 ... uzavírací ventil, 4 ... manometr, 5 ... tlakový vak

8.5 Návrh desek vaku

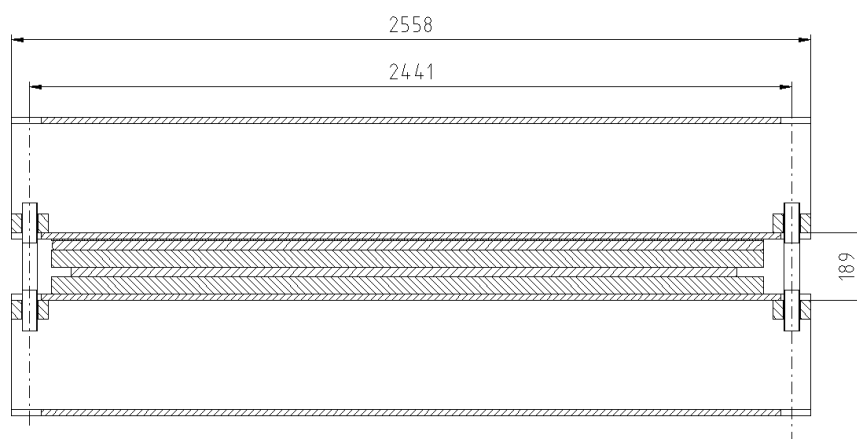
Na obrázku 8.10 je zobrazeno rozmístění desek vaku na tlakových vacích, kdy každá z desek má rozměr 541 x 1750 mm. Slouží spolu s tlakovými vaky k rovnoměrnému rozložení tlaku na spoj. Deska vaku je vyrobena z hliníku 424412.21 o tloušťce 5 mm.



Obrázek 8.10. Rozmístění desek vaku [mm]

8.6 Návrh rámu vulkanizačního lisu

Je tvořen nosníky, šrouby a maticemi. Rozměry nosníků jsou na délku navrženy tak aby přečnívaly přes topné desky a umožňovaly instalaci šroubů a matic. Na každou stranu nosníku je přidáno 150 mm k rozměru B z kapitoly 8.2. Délka nosníku poté činí 2558 mm. Ovšem tlak působící na nosník nepůsobí na celou délku ale je na část. Tato velikost nazvaná výpočtová délka nosníku činí 2441 mm a je vymezena vzdáleností os šroubů, viz obrázek 8.11.



Obrázek 8.11. Znárodnění výpočtové délky nosníku v řezu lisu [mm]

Šířku nosníku volím $B = 139$ mm (obrázek 8.14). Výpočet nosníků a šroubů provádím, jako uzavřený jednoduchý rám [5] viz obrázek 8.13. Kdy vodorovně jsou zobrazeny nosníky a svisle šrouby. Šroubové spojení je bez předpětí montované v nezatíženém stavu, takže není nutné uvažovat se zatížením od utahovacího momentu. Po zatížení lisu, ale ve šroubech vzniká vlivem deformace nosníků mimo tahového i ohybové napětí.

Nosník je vyroben z hliníku 424441.71, šrouby a matice jsou vyrobeny z materiálu 13240. V lisu je za provozu podle technologických požadavků jaký dopravní pás se spojuje vyvozován tlak až 1,5 MPa, který se přenáší z nosníků na matice a šrouby.

Vlastnosti použitých materiálů

Hliník 424441.71 $R_m = 300 \text{ MPa}$, $R_e = 255 \text{ MPa}$ (16), $\sigma_{oc} = 175 \text{ MPa}$ (4)

Ocel 13240 $R_m = 800 \text{ MPa}$, $R_e = 640 \text{ MPa}$ (3), $\sigma_{oc} = 440 \text{ MPa}$ (4)

R_m ... mez pevnosti v tahu [MPa]

R_e ... mez kluzu v tahu [MPa]

σ_{oc} ... mez únavy v ohybu [MPa]

Výpočet sil a momentů v rámu

Plocha nosníku zatížena tlakem (obrázek 8.12)



Obrázek 8.12. Plocha nosníku

$$S_N = l_N \cdot b_N \quad (1)$$

S_N ... plocha nosníku [mm^2]

l_N ... výpočtová délka nosníku [mm] je vzdálenost os matic v přírubách nosníku

b_N ... šířka nosníku [mm]

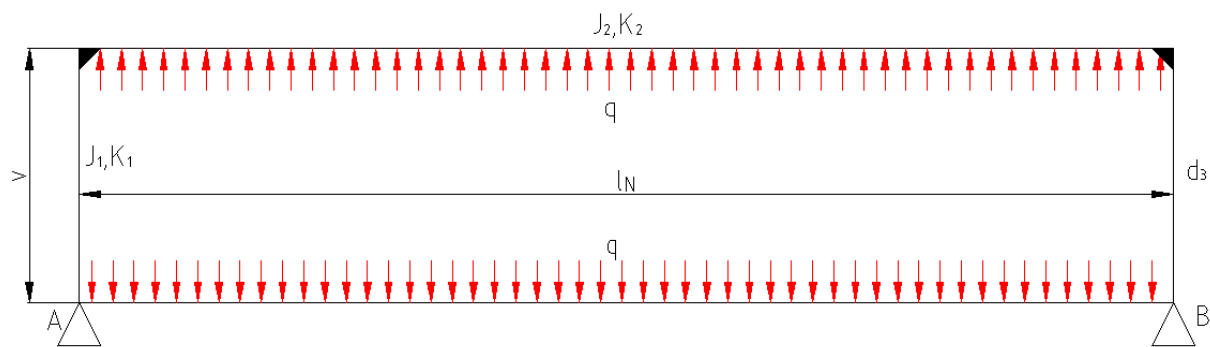
Síla působící na nosník

$$F = p \cdot S_N \quad (2)$$

F ... síla působící na nosník [N]

p ... tlak na nosník [MPa]

Spojité zatížení rámu od tlaku v lisu (obrázek 8.13)



Obrázek 8.13. Uzavřený rám

$$q = \frac{F}{l_N} = \frac{p \cdot l_N \cdot b_N}{l_N} = p \cdot b_N = 1,5 \cdot 139 = 208,5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (3)$$

q ... spojité zatížení nosníku [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$]

Následující výpočet funguje za podmínky, že $A = B = 0$.

Parametry zvoleného závitu šroubu M50x3:

$d = 50 \text{ mm}$

$d_2 = 48,051 \text{ mm}$

$d_3 = 46,319 \text{ mm}$

$P = 3 \text{ mm}$

d ... velký průměr závitu šroubu [mm]

d_2 ... střední průměr závitu šroubu [mm]

d_3 ... malý průměr závitu šroubu [mm]

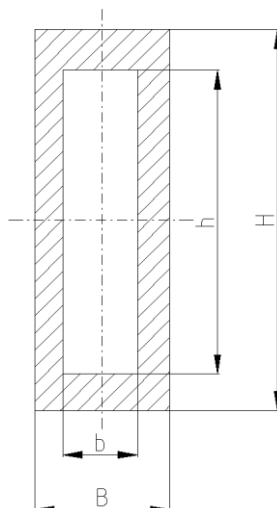
P ... rozteč závitu [mm]

Kvadratický moment průřezu šroubu

$$J_1 = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64} = \frac{\pi \cdot 46,319^4}{64} = 225947 \text{ mm}^4 \quad (4)$$

J_1 ... kvadratický moment průřezu šroubu [mm^4]

Kvadratický moment průřezu nosníku (obrázek 8.14).



Obrázek 8.14. Průřez nosníku

$$J_2 = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} = \frac{139 \cdot 390^3 - 119 \cdot 360^3}{12} = 224439750 \text{ mm}^4 \quad (5)$$

J_2 ... kvadratický moment průřezu nosníku [mm^4]

B ... vnější šířka nosníku [mm]

b ... vnitřní šířka nosníku [mm]

H ... vnější výška nosníku [mm]

h ... vnitřní výška nosníku [mm]

Koeficient kvadratického momentu průřezu šroubu i_1

$$i_1 = \frac{J_1}{v} = \frac{225947}{189} = 1195,5 \text{ mm}^3 \quad (6)$$

i_1 ... koeficient kvadratického momentu průřezu šroubu [mm^3]

v ... vzdálenost nosníků (obrázek 8.13) [mm]

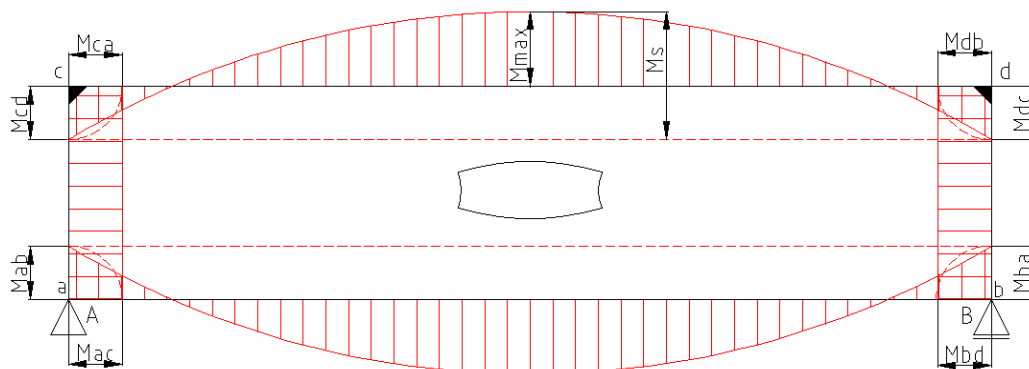
Koeficient kvadratického momentu průřezu nosníku i_2

$$i_2 = \frac{J_2}{l_N} = \frac{224439750}{2441} = 91964 \text{ mm}^3 \quad (7)$$

i_2 ... koeficient kvadratického momentu průřezu nosníku [mm^3]

Výpočet ohybových momentů v rámu

Na obrázku 8.15 jsou zobrazeny průběhy ohybových momentů v rámu. Působením spojitého zatížení na nosník dochází k tomu, že se nosník prohýbá směrem ven a šrouby směrem dovnitř.



Obrázek 8.15. Průběh ohybových momentů

Součtový ohybový moment

$$M_s = \frac{q \cdot l_N^2}{8} = \frac{208,5 \cdot 2441^2}{8} = 155229299 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (8)$$

M_s ... součtový ohybový moment [N·mm]

Ohybové momenty na bocích rámu

$$M_{ab} = \frac{q \cdot l_N^2}{12} \cdot \frac{i_1}{i_1 + i_2} = \frac{208,5 \cdot 2441^2}{12} \cdot \frac{1195,5}{1195,5 + 91964} = 1327996 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (9)$$

$$M_{ac} = -\frac{q \cdot l_N^2}{12} \cdot \frac{i_1}{i_1 + i_2} = -\frac{208,5 \cdot 2441^2}{12} \cdot \frac{1195,5}{1195,5 + 91964} = -1327996 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{ca} = -M_{ac} = 1327996 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{cd} = -M_{ca} = -1327996 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

M_{ab} , M_{ac} , M_{ca} , M_{cd} ... ohybové momenty na bocích rámu [N·mm]

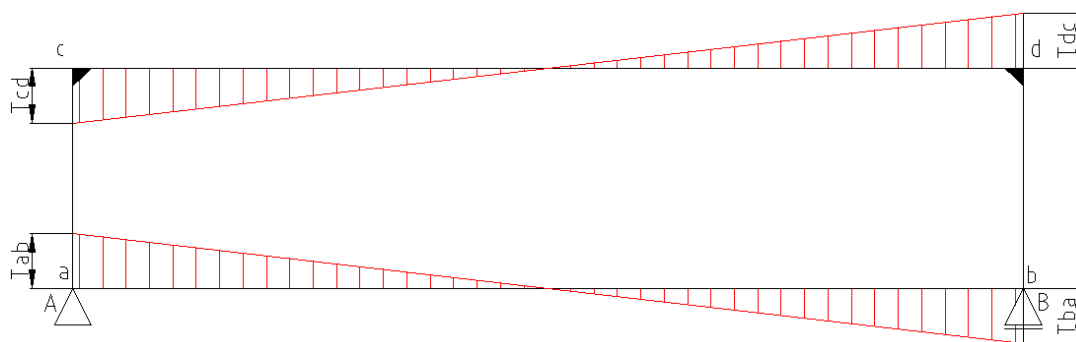
Maximální ohybový moment na nosníku

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l_N^2}{8} - M_{ab} = \frac{208,5 \cdot 2441^2}{8} - 1327996 = 153901302 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (10)$$

M_{\max} ... maximální ohybový moment [N·mm]

Posouvající síly v rámu

Na obrázku 8.16 jsou zobrazeny průběhy posouvajících sil v rámu.



Obrázek 8.16. Průběh posouvajících sil v rámu

$$T_{ab} = -\frac{q \cdot l_N}{2} = -\frac{208,5 \cdot 2441}{2} = -254422 \text{ N} \quad (11)$$

$$T_{ac} = 0 \text{ N}$$

$$T_{cd} = \frac{q \cdot l_N}{2} = \frac{208,5 \cdot 2441}{2} = 254422 \text{ N}$$

$$T_{dc} = -\frac{q \cdot l}{2} = -\frac{208,5 \cdot 2441}{2} = -254422 \text{ N}$$

$$T_{db} = 0 \text{ N}$$

$$T_{ba} = \frac{q \cdot l_N}{2} = \frac{208,5 \cdot 2441}{2} = 254422 \text{ N}$$

$T_{ac}, T_{cd}, T_{dc}, T_{db}, T_{ba}$... posouvající síly v rámu [N]

Návrh šroubů

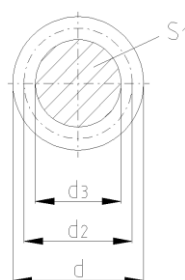
Šroub je vyroben z oceli 13240.

Průřezový modul v ohybu šroubu

$$W_{o1} = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} = \frac{\pi \cdot 46,319^3}{32} = 9756,1 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

W_{o1} ... průřezový modul v ohybu šroubu [mm³]

Obsah průřezu šroubu (obrázek 8.17)



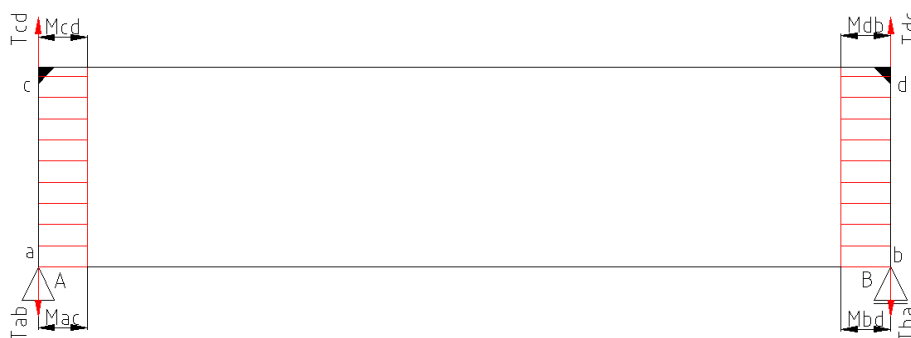
Obrázek 8.17. Plocha šroubu

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 46,319^2}{4} = 1685 \text{ mm}^2 \quad (13)$$

S_1 ... obsah průřezu šroubu [mm²]

Napětí ve šroubu

Vzniká součtem dvou napětí. Jedno napětí je od tahových sil vzniklých tlakem v lisu a druhé napětí je od ohybových momentů, které vznikají při deformaci nosníků. (obrázek 8.18)



Obrázek 8.18. Napětí ve šroubu

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{ab}}{W_{o1}} + \frac{T_{ab}}{S_1} = \frac{1327996}{9756,1} + \frac{254422}{1685} = 287,1 \text{ MPa} \quad (14)$$

σ_{o1} ... ohybové napětí ve šroubu [MPa]

Bezpečnost šroubu

Bezpečnost šroubů volím $k_1 = 1,5$ [1].

$$k_1 = \frac{\sigma_{oc}}{\sigma_{o1}} = \frac{440}{287,1} = 1,53[-] \quad \dots \text{vyhovuje} \quad (15)$$

k_1 ... bezpečnost šroubu [-]

Návrh nosníků

Průřezový modul v ohybu nosníku

$$W_{o2} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{139 \cdot 390^3 - 119 \cdot 360^3}{6 \cdot 390} = 1150973 \text{ mm}^3 \quad (16)$$

W_{o2} ... průřezový modul v ohybu nosníku [mm³]

Napětí v nosníku

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{\max}}{W_{o2}} = \frac{153901302}{1150973} = 133,7 \text{ MPa} \quad (17)$$

Bezpečnost nosníku

Bezpečnost nosníku volím $k_2 = 1,3$ [-].

$$k_2 = \frac{\sigma_{oc}}{\sigma_{o2}} = \frac{175}{133,7} = 1,31[-] \quad \dots \text{vyhovuje} \quad (18)$$

k_2 ... bezpečnost nosníku [-]

Návrh matic

Matice je vyrobena z oceli 13240. Dovolенý tlak v závitech je $p_D = 150 \text{ MPa}$ (3).

Nosná výška závitu

$$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{50 - 46,752}{2} = 1,624 \text{ mm} \quad (19)$$

H_1 ... nosná výška závitu [mm]

D ... velký průměr závitu matice [mm]

D_1 ... malý průměr závitu matice [mm]

Počet závitů matice

$$z = \frac{T_{ab}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{254422}{\pi \cdot 48,051 \cdot 1,624 \cdot 150} = 6,92 \Rightarrow 7[-] \quad (20)$$

z ... počet závitů matice [-]

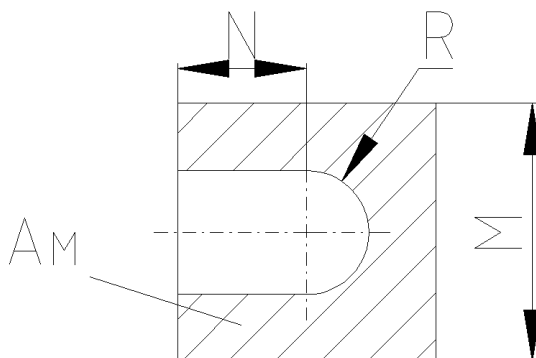
p_D ... dovolený tlak v závitech matice [MPa]

Výška matice

$$m = z \cdot P = 7 \cdot 3 = 21 \text{ mm} \quad (21)$$

m ... výška matice [mm]

Plocha pod maticí (obrázek 8.19)



Obrázek 8.19. Plocha pod maticí

$$A_M = M^2 - \frac{\pi \cdot R^2}{2} - N \cdot 2 \cdot R = 117^2 - \frac{\pi \cdot 30^2}{2} - 58,5 \cdot 2 \cdot 30 = 8765 \text{ mm}^2 \quad (22)$$

A_M ... plocha pod maticí [mm^2]

Kontrola matice na otlačení

Dovolený tlak pod maticí činí $p_D = 600 \text{ MPa}$ (3).

$$p_M = \frac{T_{ab}}{A_M} = \frac{254422}{8765} = 29,03 \text{ MPa} < p_D \quad \dots \text{ vyhovuje} \quad (23)$$

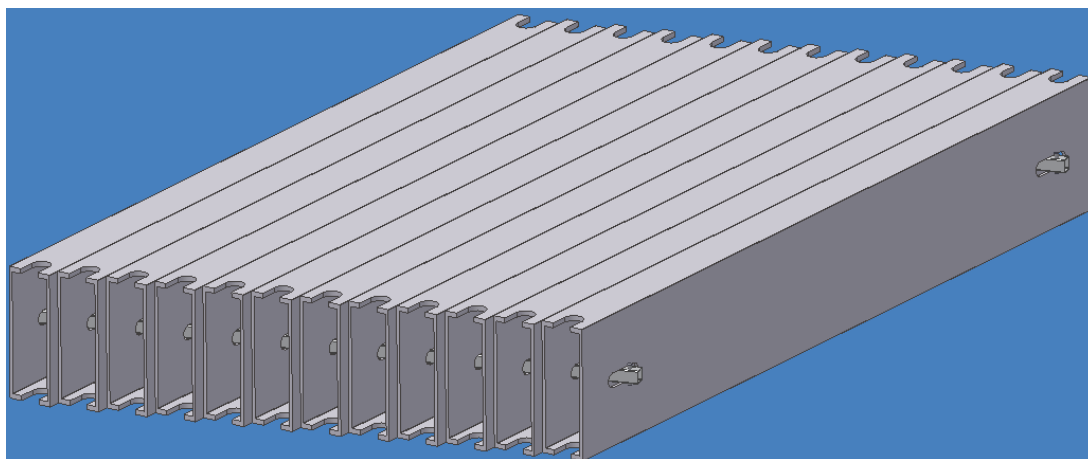
p_M ... tlak pod maticí [MPa]

8.7 Návrh příčných tyčí

Příčné tyče mají čtvercový profil 40 x 3 a jsou vyrobeny z hliníku 424412.11. Kolíky jsou kuželové vyrobené z oceli 11500 o průměru 12mm.

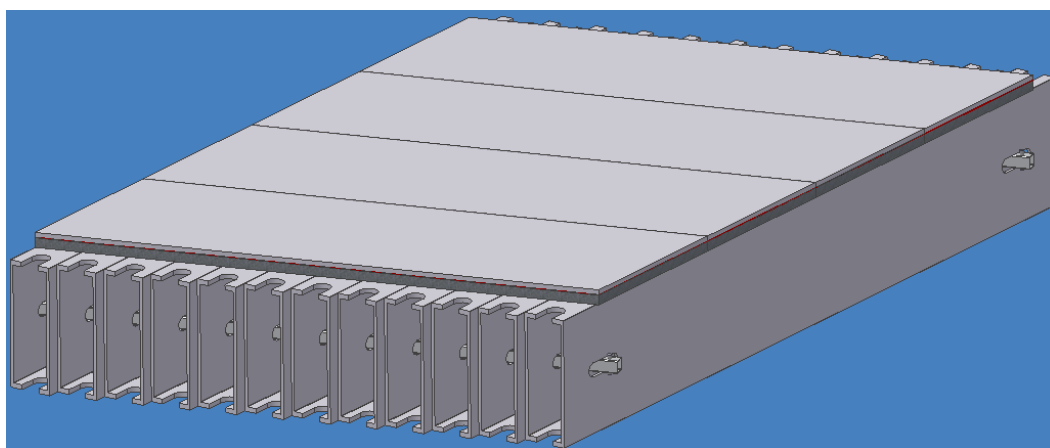
9 Postup montáže vulkanizačního lisu

1. Demontují se válečky z dopravníku, aby se uvolnil prostor pro montáž lisu.
2. Pro správné složení lisu se použije šablona, která zaručí správné rozestupy a úhel nosníků.
3. Na šablonu se naskládají jednotlivé spodní nosníky a do odlehčení ve spodních nosnících se umístí příčné tyče a zajistí se kolíky (obrázek 9.1).



Obrázek 9.1. Spodní nosníky

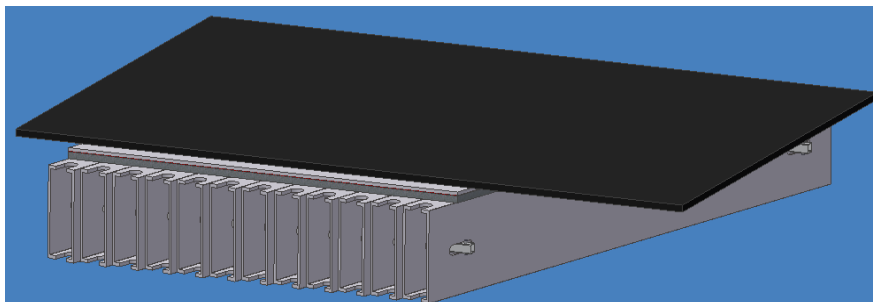
4. Na spodní nosníky se naskládají spodní topné desky (obrázek 9.2) .



Obrázek 9.2. Spodní topné desky

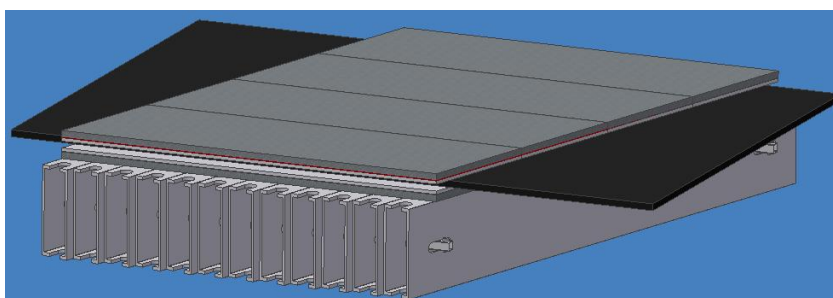
5. Do spodních topných desek se zapojí elektrické vedení a chladicí hadice.

6. Na spodních topných deskách se připraví spoj (obrázek 9.3).



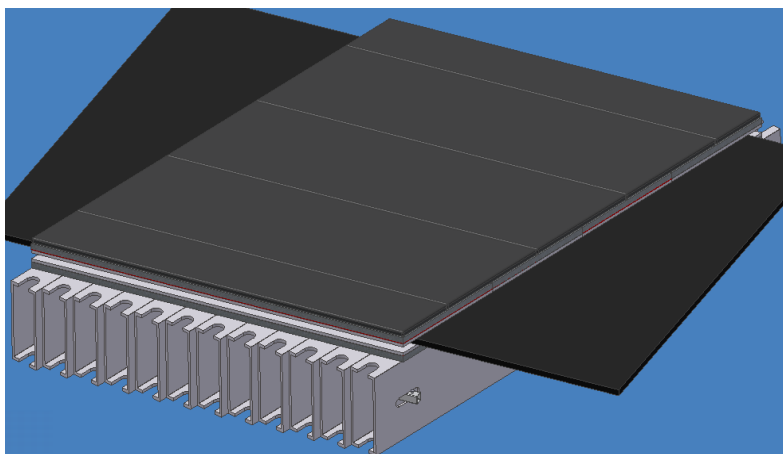
Obrázek 9.3. Příprava pásu

7. Na spoj se naskládají horní topné desky tak aby se lícovali s topnými deskami spodními (obrázek 9.4).



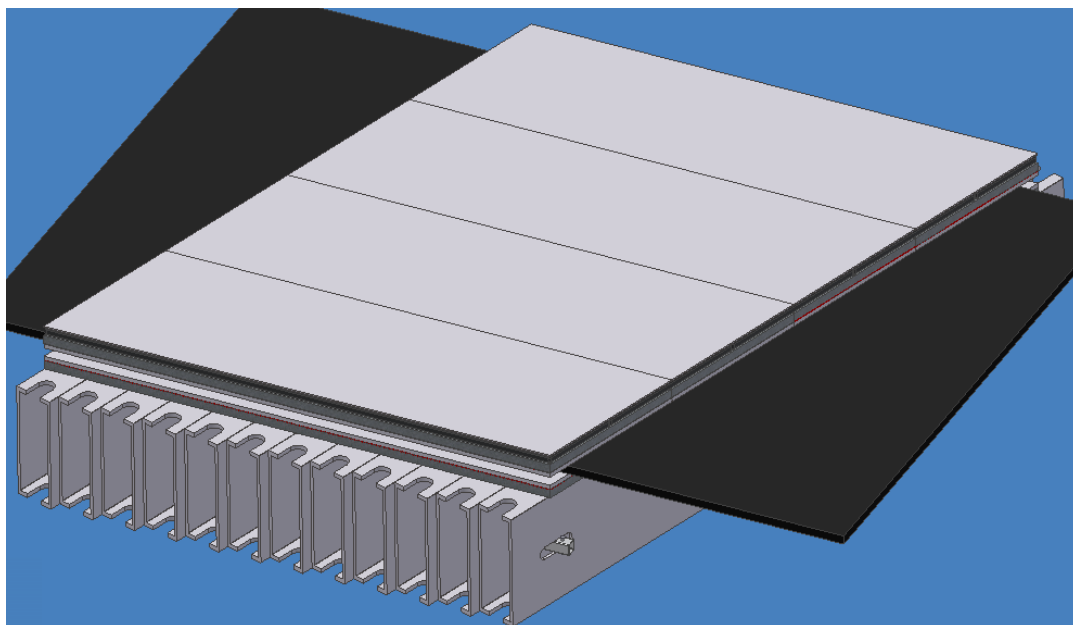
Obrázek 9.4. Horní topné desky

8. Do horních topných desek se nainstalují elektrické kabely a hadice chlazení.
9. Na horní topné desky se naskládají tlakové vaky. Vaky jsou navrženy tak aby vždy překrývali hranu mezi dvěma topnými deskami (obrázek 9.5).



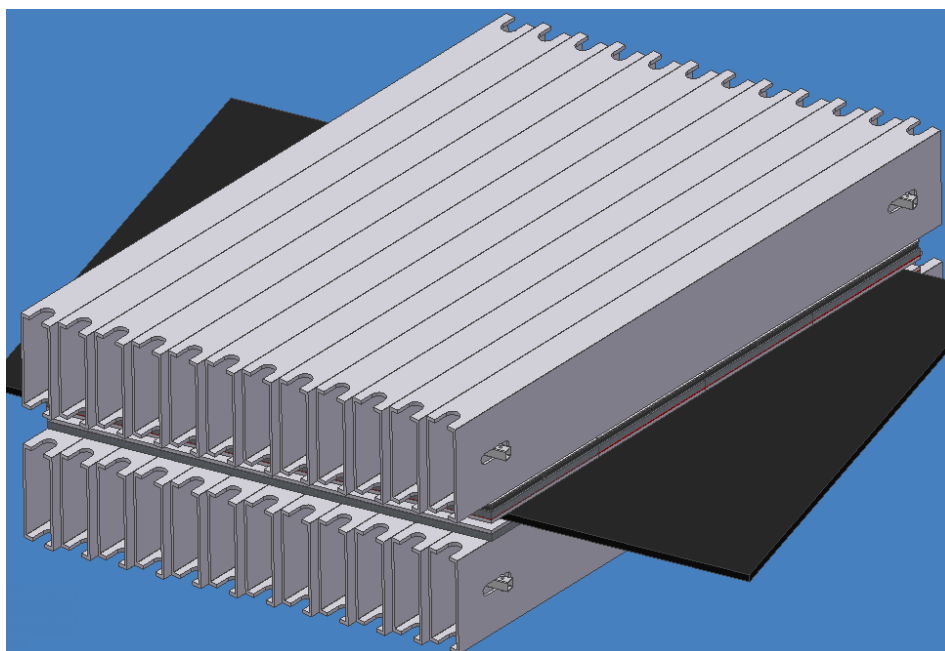
Obrázek 9.5. Tlakové vaky

10. Na tlakové vaky se položí desky vaku (obrázek 9.6)



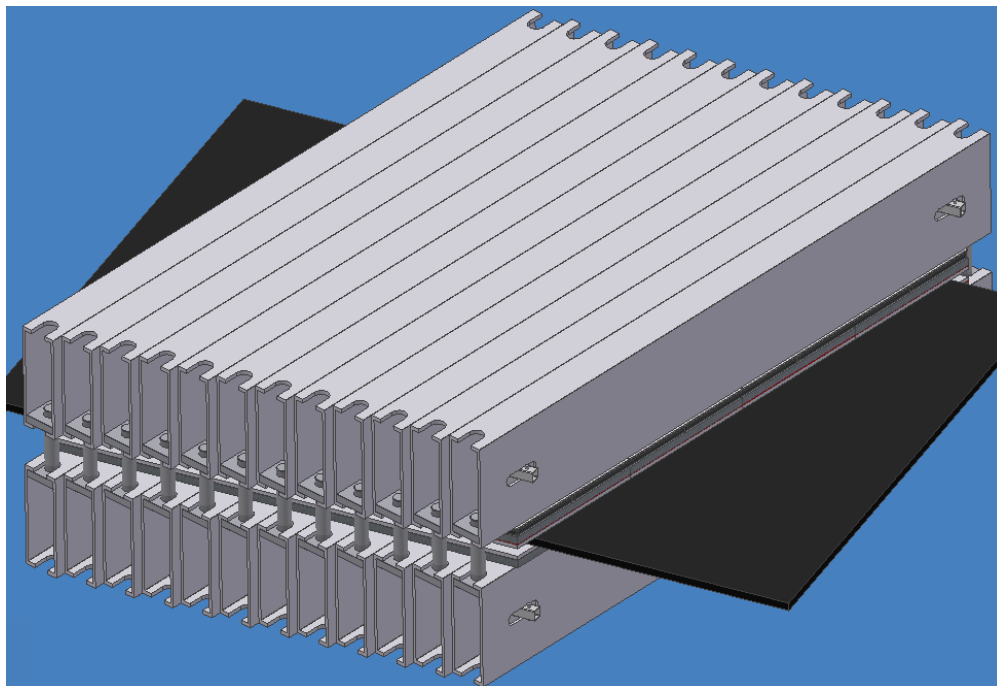
Obrázek 9.6. Desky vaku

11. Horní nosníky naskládají se na desky vaku tak aby byly vyrovnány se spodními nosníky, a poté se do horních nosníků nainstalují příčné tyče a zajistí se kolíky (obrázek 9.7)



Obrázek 9.7. Horní nosníky

12. Nainstalují se šrouby s maticemi do přírub v nosnících. Šrouby se dotahují pouze rukou (obrázek 9.8).



Obrázek 9.8. Šrouby a matice

13. Nastaví se ovládací zařízení (obrázek 5.12).
14. Proveďte se spojení elektrického, chladicího a tlakového systému.

10 Provoz vulkanizačního lisu

1. Dojde k natlakování tlakových vaků.
2. Zapne se vytápění desek.
3. Po nahřání desek se udržuje daná teplota a tlak na požadované úrovni po celou dobu vulkanizace. Proces ohřevu je řízen pomocí ovládacího zařízení (obrázek 5.12), tlak se kontroluje na manometru.
4. Po uběhnutí doby pro vulkanizaci je třeba pás zchladit. Chlazení desek se provádí, když je lis natlakovaný a může se provádět buď přirozenou cestou, nebo foukáním vzduchu ale nejefektivnější je čerpání vody do topných desek.
5. Po zchladnutí desek na teplotu okolo 65°C, se může uvolnit tlak ve vacích a lis demontovat.

11 Závěr

V diplomové práci jsem navrhl konstrukci vulkanizačního lisu pro spojování dopravních pásů. Konkrétně jsem navrhnul potřebné rozměry lisu, aby bylo možné splnit technologické požadavky pro spojení zadaného dopravního pásů.

Dále jsem navrhl rám vulkanizačního lisu. Tento rám se skládá z hliníkových nosníků, šroubů a matic, které se vkládají při montáži vulkanizačního lisu do přírub nosníků.

Popsal jsem další části vulkanizačního lisu, jako jsou topné desky a tlakové vaky, které jsem přímo nenavrhoval, ale jsou to části, bez kterých nemůže lis fungovat.

Topné desky jsem se snažil navrhnout dle vzoru firmy Shaw Almex. Po konzultaci s panem doc. Ing. Zdeňkem Kadlecem, Ph.D z katedry energetiky jsme dospěli k názoru, že řešení této záležitosti nevede žádná zjednodušená cesta a vzhledem k tomu že je během procesu použito regulace teploty a jedná se o nestacionární děj, do kterého vstupuje mnoho neznámých, a v rámci času mně vymezenému na zpracování této práce bych jejich návrh nedokončil včas, rozhodl jsem se potřebné desky koupit. Přesto jsem se snažil, všechny části vulkanizačního lisu, i ty které jsem nenavrhoval co nejpodrobněji popsat.

Výsledkem mé diplomové práce je tedy návrh velikosti topných ploch a rámu vulkanizačního lisu pro spojování pásů o šířce 1200 až 2000 mm a pevnosti $3150 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ a vytvoření výpočtového souboru Výpočty, pomocí něhož lze vypočítat další velikosti topných ploch a rámu vulkanizačních lisů.

A v neposlední řadě představení systému, který v naší zemi není dosud využíván a to vyvození tlaku v lisu pomocí tlakových vaků a systém topných desek, které snižují pomocí zaizolování energetickou náročnost celého lisu a díky jejich hliníkové chladicí desce, velmi významně zkrácení potřebné doby k ochlazení pásu a jeho rychlého nasazení do provozu.

Děkuji panu prof. Ing. Josefovi Jurmanovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při psaní této práce. Děkuji panu Ing. Leoši Boháčovi, za možnost realizace diplomové práce ve firmě DvB-AF, s.r.o.

Literatura

Knihy:

- [1] KAŠPÁREK, J. *Dopravní a manipulační zařízení*. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004. 126 s.
- [2] MARASOVÁ, D., et al. *Pásová doprava*. První vydání. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2006. 280 s. ISBN 80-8073-628-6
- [3] KŘÍŽ, R.; VÁVRA, P. *Strojírenská příručka: 5. svazek*. Praha: SCIENTIA ,spol. s.r.o., 1984. 243 s. ISBN 80-85827-59-X
- [4] LEINVEBER, J; ŘASA, J; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Třetí, doplněné vydání. Praha: SCIENTIA ,spol. s.r.o., 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6
- [5] NOVÁK, O. *Jednoduchý rám ve vzorcích*. Praha: Vědecko - Technické nakladatelství, 1950. 337 s.

Firemní literatura:

- [6] Fenner Dunlop: *Návod k použití: Důlní nehořlavé antistatické dopravníkové pásy Fenaplast*, 62 s.
- [7] Taurus Techno: *Konstrukce dopravních pásů*, 13s.
- [8] Taurus Techno: *Lepení gumových pásů vulkanizací*, 13s.
- [9] Flexco: *Spoj pásu*, 1 s.
- [10] Krušnohorské strojírny a.s.: *Vulkanizační soupravy VSH, VSO*, 6 s.
- [11] Shaw Almex. : *Vulkanizační lis SV3P 60 84*, 6 s.
- [12] Shaw Almex. : *Vlastnosti technologie vulkanizace*, 4 s.

Webové stránky:

[13] *DvB-AF s.r.o.* [online]. [2009] [cit. 2010-02-07]. Dostupný z WWW: <http://www.flexco.cz/cz/index.php?id=firma_a_cinnost&np=Firma%20a%20innost>.

[14] *Anker-Flexco* [online]. 2009 [cit. 2010-03-03]. Brochures. Dostupné z WWW: <<http://www.anker-flexco.de>>.

[15] *VVV MOST spol. s r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-04-01]. Vulkanizační soupravy. Dostupné z WWW: <<http://www.vvvmost.cz/vulkanizacni-soupravy/>>.

[16] *Almex Group* [online]. 2009 [cit. 2010-04-01]. SVP Sectional Vulcanizing Press. Dostupné z WWW: <<http://www.almex.com/en/productsvulcanizing/65/SVPSectionalVulcanizingPress>>

[16] *Česká společnost pro nové materiály a technologie* [online]. 2006, 18. 1. 2006 [cit. 2010-04-01]. Al a slitiny Al tvářené. Dostupné z WWW: <<http://cesar.fme.vutbr.cz/informace/nezelezo/At24.htm>>.

[17] *ACIM JOUANIN* [online]. 2010 [cit. 2010-04-09]. Tenkostěnná topná tělesa a topné kabely. Dostupné z WWW: <<http://www.acim-jouanin.com/tcheque/gamme%20resist%20souples%20tracage%20cz.html>>.

[18] *Brandenburger* [online]. 2010 [cit. 2010-04-09]. Brandenburger Thermal Insulation. Dostupné z WWW: <http://brandenburger.de/en/isoliertechnik/Produkte/Produkt_Search.php?objectID=331>.

Seznam příloh

Příloha A: výkres Vulkanizační lis

Příloha B: výkres Nosník

Příloha C: výkres Šroub

Příloha D: výkres Matice

Příloha E: výkres Deska vaku

Příloha F: výkres Příčná tyč

Příloha G: soubor Výpočty – výpočty provedené v programu Excel pro další velikosti vulkanizačních lisů.

Příloha H: CD obsahující text diplomové práce, výkresy, soubor Výpočty a poster